TUTORAT SANTÉ STRASBOURG

CAHIER DE REMISE À NIVEAU
PREMIÈRE ET TERMINALE

Physique

PRÉAMBULE

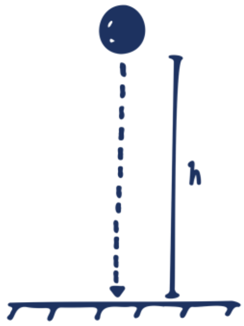
Dans ce cahier de remise à niveau, tu trouveras deux parties : une partie sur les notions enseignées en première et une partie sur les notions de terminale. Chaque cours est composé de vidéos explicatives, d'un texte explicatif ainsi que d'exercices corrigés *(réalisés par tes tuteurs.trices)* qui te permettront de t'exercer et de voir si tu as compris les notions abordées dans le cours.

N'oublie pas que si tu ne comprends pas directement certaines notions c'est normal : c'est en s'entraînant que tout deviendra plus clair.

Nous espérons que ce cahier te sera utile. Bon courage !

L'équipe du tutorat 🌸

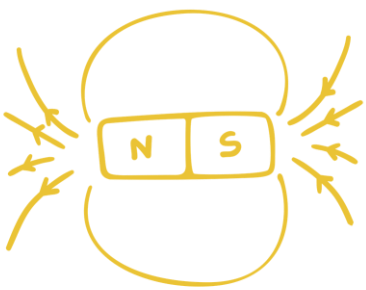
SOMMAIRE



Physique

REMISE À NIVEAU

PREMIÈRE



MODELISATION DES INTERACTIONS FONDAMENTALES COURS

I. Notion de force et de champ

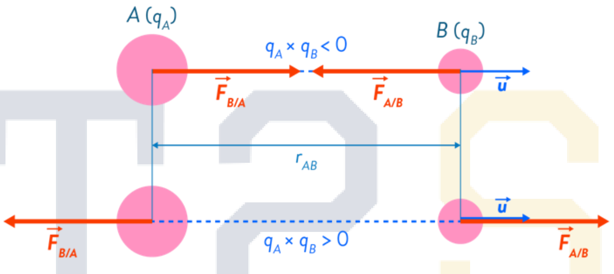
Une force modélise l'action d'un objet sur un autre en un point de l'espace. Elle est représentée par un vecteur (direction, sens, norme, point d'application) et a une valeur dont l'unité est le Newton (N).

Un champ cartographie une grandeur dans une zone de l'espace. Il est scalaire si la grandeur cartographiée est numérique (*ex : champ de pression d'une carte de météo*) et il est vectoriel si la grandeur cartographiée est vectorielle (*ex : champ magnétique terrestre*).

Les lignes de champ sont des courbes permettant de représenter les champs vectoriels. Elles sont en tout point tangentes aux vecteurs du champ et orientées dans le même sens que celui-ci. Plus le champ est intense, plus les lignes sont proches les unes des autres.

II. L'interaction électrostatique

L'interaction électrostatique peut être **attractive** ou **répulsive** et agit entre les objets électriquement chargés et à une portée infinie qui diminue avec le carré de la distance.



Interaction électrostatique
Source de l'image : © Schoolmouv

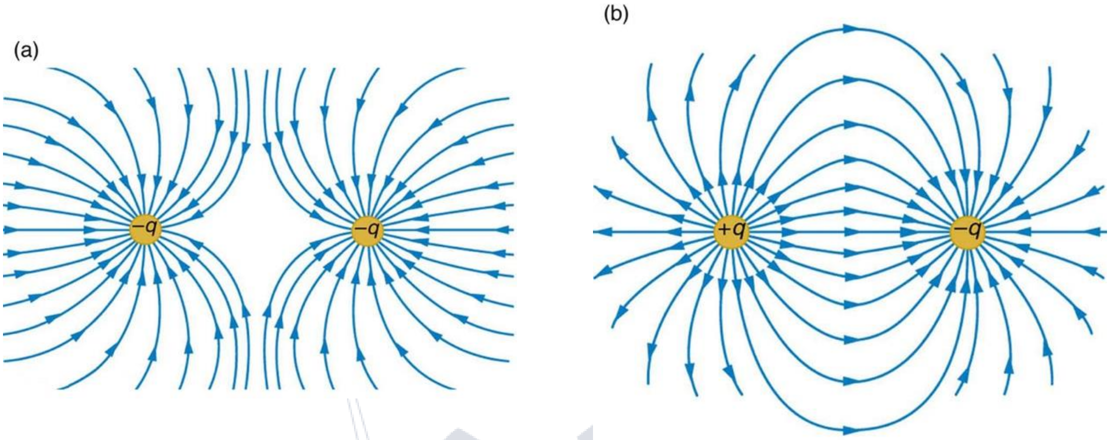
On peut voir dans le schéma ci-dessus, deux charges de même signe se repoussent alors que deux charges de signe opposé s'attirent.

La force électrostatique modélise l'action d'un corps chargé sur un autre. Cette force est décrite par la loi énoncée par Coulomb :

$$\boxed{\overrightarrow{F_e(A/B)} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}\,\vec{e}_r}$$

Avec

- ☐ $\overrightarrow{F_e(A/B)}$: force électrostatique de A vers B en Newton
- ☐ d : distance entre les deux centres des objets en mètre
- ☐ $q_1 et\ q_2$: charges électriques portées par les objets 1 et 2 en Coulomb
- ☐ k : constante ($k = 9.10^9 N.m^2.C^{-2}$)
- ☐ $\vec{e}_r$: vecteur unitaire porté par la droite (AB), orienté de A vers B



Champ électrostatique entre 2 charges, (a) : entre deux charges de même signe et (b) : entre deux charges de signes opposées
Source de l'image : © Lumenlearning

Tous les objets portant une charge **repoussent** ou **attirent** les autres objets portant une charge électrique. Afin de décrire l'action électrostatique d'une charge électrique dans une zone spatiale donnée, on se place du point de vue de cette charge et on représente le champ électrostatique créé.

La valeur du **champ électrostatique** créé par une charge q en un point peut être déterminé par la relation :

$$\boxed{\vec{E} = k \times \frac{q}{d^2}\vec{e}_r}$$

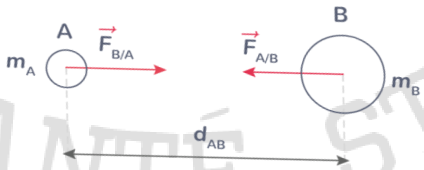
Avec :

- ☐ $\vec{E}$: le champ électrostatique (en V/m ou N/C)
- ☐ d : distance entre les deux centres des objets (en m)
- ☐ q : charge électrique (en C)
- ☐ k : constante ($k = 9.10^9 N.m^2.C^{-2}$)
- ☐ $\vec{e}_r$: vecteur unitaire

III. L'interaction gravitationnelle

Vidéo de cours : https://www.youtube.com/watch?v=a-JM8VDIf-M

L'interaction gravitationnelle est une interaction **attractive** qui agit entre particules, ou objets, possédant une masse. Sa portée est illimitée mais son intensité diminue avec le carré de la distance.



Interaction gravitationnelle
Source de l'image : © Kartable

La force modélisant cette interaction est appelée **force gravitationnelle**. Elle est décrite par la relation suivante :

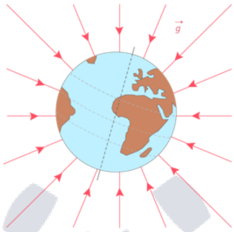
$$\vec{F_e} = G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}\vec{e}_r$$

Avec

- ☐ $\vec{F_e}$: force gravitationnelle (en N)
- ☐ G : constante universelle de la gravitation ($G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ N.kg^{-2}.m^2$)
- ☐ m_A : masse du corps A (en kg)

- m_B : masse du corps B (en kg)
- $\vec{e}_r$: vecteur unitaire porté par la droite (AB), orienté de A vers B

Tous les corps ayant une masse s'attirent les uns les autres. Afin de décrire l'action gravitationnelle d'une masse en particulier dans une zone spéciale donnée, on fixe une masse et on représente le champ gravitationnel qu'elle crée.



Champ gravitationnel
Source de l'image : © Kartable

La valeur du champ gravitationnel créer par une masse m peut être déterminée à partir de la relation :

$$\boxed{\vec{E} = G \times \frac{m}{d^2}\vec{e}_r}$$

Avec :

- $\vec{E}$: champ gravitationnel (en N/C ou V/m)
- G : constante de gravitation ($= 6{,}67.10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$)
- m : masse (en kg)
- d : distance entre la masse m et la Terre (en m)
- $\overrightarrow{e_r}$: vecteur unitaire

Exercices

Exercice 1 : Une bille mécanique de 40g portant une charge électrique égale à -15e, est posée sur une table. On approche, 10cm au-dessus d'elle, une seconde bille métallique portant une charge électrique égale à +10e. L'interaction gravitationnelle entre les billes est négligée.

Calculer l'intensité de la force électrostatique subie par la bille.

Exercice 2 : Quelles sont la/les proposition(s) vraie(s) ?

A. La force d'attraction gravitationnelle est une force répulsive
B. La force d'attraction gravitationnelle ne s'exerce qu'entre des corps possédant des masses.
C. La force d'attraction gravitationnelle ne dépend pas de la distance des corps

Exercice 3 : Quelles sont la/les proposition(s) vraie(s) ?

A. La force électrostatique est une force qui peut être répulsive ou attractive
B. La force électrostatique ne s'exerce qu'entre les corps possédant une masse
C. La force électrostatique ne dépend pas de la distance entre les corps
D. La force électrostatique s'exerce entre deux corps électriquement neutres.

Exercice 4 : On considère une balle de masse m = 2,0 kg posée à la surface de la Terre (masse Mt =$5.97.10^{24}$ kg, rayon de la Terre Rt =6371 km). La Terre exerce une force gravitationnelle sur la balle.

G = = $6{,}67.10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$

1. La balle exerce-t-elle une force gravitationnelle sur la Terre?
2. Donnez les caractéristiques du vecteur (direction, sens, point d'application, norme) force gravitationnelle que la Terre exerce sur la balle
3. En considérant que ce vecteur peut s'apparenter au vecteur poids, retrouver g, l'accélération de la pesanteur.

Correction des exercices

Exercice 1 :

Il faut utiliser la loi de Coulomb :

$$\vec{F_e} = k \times \frac{|q_{bille1} \times q_{bille2}|}{d^2}$$

Or, dans notre exemple, on nous dit que :

$$\vec{F_e} = k \times \frac{|-15 \times 10e|}{d^2}$$

Application numérique (AN) :

$$\vec{F_e} = 9{,}0.10^9 \times \frac{150 \times (1{,}602.10^{-19})^2}{(10.10^{-2})^2} = 3{,}4.10^{-34} N$$

Exercice 2 :

A. **FAUX** : c'est une force attractive.
B. **VRAI**.
C. **FAUX** : elle est inversement proportionnelle au carré de la distance entre les corps.

Exercice 3 :

A. **VRAI.**
B. **FAUX** : elle agit entre les objets électriquement chargés.
C. **FAUX** : elle est inversement proportionnelle au carré de la distance entre les corps.
D. **FAUX** : elle s'exerce entre deux corps électriquement chargés.

Exercice 4 :

1. Oui, la force gravitationnelle est réciproque, cependant la masse de la balle est tellement faible que la force gravitationnelle qu'elle exerce sur la Terre n'a aucune conséquence.
2. Direction verticale, sens vers le sol, point d'application centre de la balle, norme :
   $F = G\frac{mballe.Mt}{Rt^2} = 6.67 * 10^{-11}\frac{2.0*5.97*10^{24}}{(6371*10^3)^2}$ = 19.62 N
3. P = F or P = m.g donc m.g = F donc g = F/m = 19.62/2.0 = 9.81 N/kg

STATIQUE DES FLUIDES

Cours

I. Statique des fluides

1. Masse volumique et densité : https://youtu.be/CD7Bx4YL4rM

La densité d'un corps d est le **rapport de sa masse volumique et la masse volumique d'un corps de référence**, en général l'eau. C'est une valeur sans unité.

$$\boxed{d = \frac{\rho_{corps}}{\rho_{ref}}}$$

Avec :

- ☐ d : la densité (sans unité)
- ☐ ρ_{corps} : masse volumique d'un corps (en $kg.m^{-3}$)
- ☐ ρ_{ref} : masse volumique d'un corps (en $kg.m^{-3}$)
- ☐ $\rho_{eau} = 1000\ kg.m^{-3}$

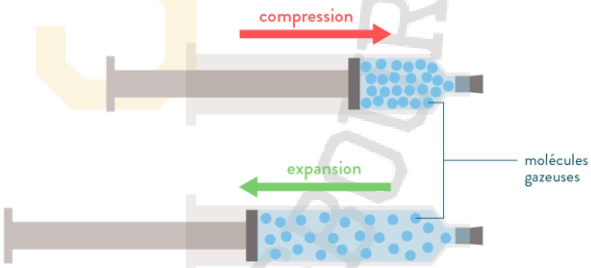
La densité de **l'eau** est donc par définition égale à **1**. On peut utiliser un autre corps pour référence (ex : l'huile, si on veut immerger un objet dedans).

On peut calculer la **fraction immergée** d'un objet grâce à la densité : si la densité d'un cube est de 0,2 lorsque je le place dans l'eau, sa fraction immergée sera de 20% (l'objet va alors flotter sur l'eau). Si la densité du solide est supérieure à celle du fluide alors le solide coule et donc 100% de son volume est immergé.

2. Pression et principe de Pascal : https://youtu.be/nBK38o5POeY

Un fluide prend la forme de son contenant (possible de se déformer). Il peut donc s'agir d'un liquide ou d'un gaz.

- Un gaz est **compressible** : c'est-à-dire que le nombre de molécules reste le même pour un volume plus petit. Ainsi, on observe une augmentation de la densité du gaz.
- Un liquide est **faiblement compressible** : son volume est conservé.



Compression et expansion d'un gaz
Source de l'image : © Schoolmouv

Le Principe de Pascal

- <u>Sans gravité</u> : si on applique une pression à un fluide incompressible alors la pression est distribuée équitablement dans tout le fluide.
- <u>Avec gravité</u> : La pression est la même en tout point du fluide incompressible à une hauteur donnée ($P_1 = P_2$). C'est le principe fondamental de **l'hydrostatique**.

Exemple du ballon de baudruche : Si on remplit en ballon d'eau et que on exerce une pression dessus, le ballon se dilate uniformément car la pression est la même en tout point du fluide.

La pression s'exprime en Pascal et est le rapport entre la force qu'exerce un fluide sur la surface d'une paroi :

$$P = \frac{F}{S}$$

3. Calcul de la pression interne : https://youtu.be/ZyHxmfVtnlI

La différence de pression entre deux points dans un même liquide à une hauteur différente s'écrit :

$$\boxed{\Delta P = \rho \times g \times h}$$

Avec

- P : la pression (en Pa)
- ρ : la masse volumique de l'objet immergé (en $kg.m^{-3}$)
- ρ_{eau} = 1000 $kg.m^{-3}$
- g : l'accélération de la pesanteur (en $m.s^{-2}$)
- h : la hauteur de l'objet par rapport à la surface (en m)

La pression est directement reliée à la notion de poids.

Exercices

Exercice 1 :

La densité du ketchup est-elle de 1,4 sachant que sa masse volumique est de $1400\ kg.m^{-3}$?

Exercice 2 :

Nous sommes en présence d'un cube qui possède une densité de 1,7 ce cube flotte donc au-dessus de l'eau.

Exercice 3 :

On veut faire tremper un cube de masse volumique cube = 638 $kg.m^{-3}$, dans de l'huile. Calculer la densité du cube de manière à pouvoir répondre à la question. Le cube va-t-il couler ?

Données :

- Masse volumique de l'huile : $\rho_{huile} = 850\ kg.m^{-3}$
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1000\ kg.m^{-3}$

Exercice 4 :

Quelle est la pression à 18 mètres de profondeur dans un lac d'eau douce ?

Exercice 5 :

La hauteur de la colonne de mercure d'un baromètre est de 69 cm.

- Calculer la pression atmosphérique correspondante.
- Donner le résultat en bar sachant que $1\ N.m^{-2} = 10^{-5}\ bar$

Donnée : $\rho_{mercure} = 13\ 600\ kg.m^{-3}$

Correction des exercices

Exercice 1 :

VRAI. Pour calculer la densité du ketchup, on utilise la formule : $d = \frac{\rho_{corps}}{\rho_{ref}}$

Application numérique :

$$d_{ketchup} = \frac{1400}{1000} = 1{,}4$$

La densité du ketchup est donc 1,4 (rappel : la densité s'exprime sans unité).

Exercice 2 :

FAUX. Le cube possède une densité supérieure à l'eau (1,7>1). Il va donc couler : 100% de son volume est immergé.

Exercice 3 :

On cherche la densité du cube. Pour cela, on utilise la formule : $d = \frac{\rho_{corps}}{\rho_{ref}}$

Application numérique :

$$d_{cube} = \frac{638}{850} = 0{,}75$$

On observe que **0,75 < 1**, donc le cube flotte dans l'huile. 75% de son volume est immergé dans l'huile.

Exercice 4 :

On cherche dans cet exercice une pression. On utilise la formule :

$$P = \rho . g . h$$

<u>Données</u> :

- On considère que la masse volumique de l'eau dans le lac d'eau douce est celle d'une eau « pure » (non salé), on va donc utiliser $\rho_{eau} = \ 1000 kg. m^{-3}$.
- L'accélération de la pesanteur sur Terre est de 9,81 $m. s\hat{} - 2$.

AN :

$$P = \rho . g . h = 18 \times 1000 \times 9{,}81 = 176\ 580\ N. m^{-2}$$

La pression exercée sur un objet à 18 m de profondeur est d'environ 18 atm. Cependant, il faut faire attention au fait que nous nous situons sur Terre (et qu'il y a donc déjà la présence d'une pression liée à l'atmosphère). A ce résultat, nous rajoutons donc **1 atm**. Ce qui revient donc à une pression totale d'environ 19 atm.

Exercice 5 :

On calcule à nouveau une pression, avec l'aide de la formule suivante :

$$P = h \times \rho \times g$$

⚠️ Attention aux unités : il faut toujours penser à convertir dans les unités dans le système international. Exemple : *69 cm = 0,69 m*

Application numérique :

$$P = 0{,}69 \times 13\,600 \times 9{,}81 = 92\,057{,}04\ N.m^{-2}$$

Cela correspond à **0,92 bar** environ.

MOUVEMENT D'UN SYSTEME

Cours

L'étude d'un mouvement nécessite de considérer l'espace **métrique** (en 3 dimensions) et le **temps** (1 dimension). Le mouvement d'un système va toujours se faire de manière relative à un observateur fixe qui se trouve dans un référentiel d'étude. Le mouvement est donc relatif à un référentiel (observateur fixe).

On peut par exemple citer les référentiels géocentrique (centre de la terre) ou terrestre (surface de la terre), référentiel galiléen (le plus fréquemment utilisé).

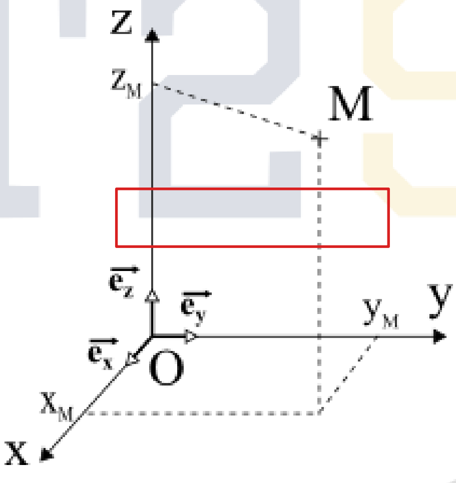
Dans la mécanique Newtonienne, c'est-à-dire la description de mouvement à faible vitesse, on décrit les distances en **mètre** (définit par la vitesse de la lumière) et le temps en **secondes** (définit à partir du Césium 133). On aura toujours un principe de causalité, c'est-à-dire que l'on considère que le temps est irréversible : la cause est antérieure à l'effet qu'elle produit.

I. Les principes vectoriels

Il est essentiel de savoir utiliser les vecteurs car ils permettent la description des mouvements. Un vecteur est défini par son origine, sa direction, son sens et sa norme.

1. Les coordonnées cartésiennes

On considère ici un repère de centre O définit par des vecteurs unitaires $\overrightarrow{e_x}, \overrightarrow{e_y}, \vec{e}_z$ qui est une base **orthonormée**, c'est-à-dire que chaque vecteur est unitaire est de **même taille** et que ces vecteurs sont **perpendiculaires** entre eux :



Coordonnées cartésiennes
Source de l'image : © Physagreg.fr

On va donc définir chaque vecteur à partir des vecteurs unitaires et calculer la norme d'un vecteur. Prenons l'exemple du vecteur $\overrightarrow{OM}$:

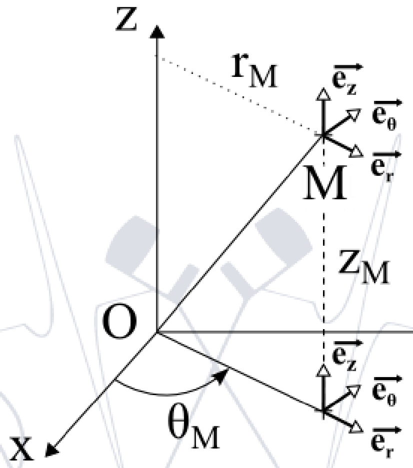
$$\overrightarrow{OM} = X_m\overrightarrow{e_x} + Y_m\overrightarrow{e_y} + Z_m\overrightarrow{e_z}$$

Sa norme est :

$$OM = \sqrt{X_m^2 + Y_m^2 + Z_m^2}$$

2. Les coordonnées cylindriques

Les coordonnées cylindriques sont utilisées pour les **mouvements circulaires**. En effet, l'objet est déjà en mouvement et on décrit les forces qui s'appliquent localement sur cet objet. Finalement, elles reposent donc sur la création d'un **nouveau repère orthonormé direct** au sein d'un repère déjà orthonormé direct. On aura les mêmes propriétés avec des vecteurs que l'on note classiquement : $\vec{e_r}, \vec{e_\theta}$ *et* $\vec{e_z}$.



Coordonnées cylindriques
Source de l'image : © Physagreg.fr

3. La base locale de Frenet

La **base de Frenet** a pour but de décrire en chaque point d'une trajectoire circulaire un repère local orthonormé qui permet de décrire localement une trajectoire sous la forme d'une trajectoire circulaire. *Typiquement, on peut utiliser ce repère pour caractériser le mouvement de la Terre autour du Soleil.*

En effet, on peut définir une tangente à cette trajectoire circulaire ce qui permet de définir :
- la vitesse à partir d'une dérivée du vecteur position en fonction du temps.
- l'accélération à partir d'une dérivée de la vitesse en fonction du temps.

On remarque que cette accélération est **centripète** (dirigée vers le centre de la courbe) et définit par :

$$\boxed{a = \frac{v^2}{r}}$$

Avec :

- ☐ a : l'accélération (en $m.s^{-2}$)
- ☐ v : la vitesse (en $m.s^{-1}$)
- ☐ r : le rayon de courbure du cercle (en m)

4. Les opérations classiques sur les vecteurs

On a tout d'abord le **produit scalaire** : il va donner un scalaire. Il y a deux propriétés majeures à savoir :

- le produit scalaire d'un vecteur par lui-même est de 1 : $\vec{e_x}.\vec{e_x} = 1$.
- le produit scalaire d'un vecteur par sa perpendiculaire est nul. On le note par un point entre deux vecteurs : $\vec{e_x}.\vec{e_y} = 0$.

On a ensuite le **produit vectoriel**. À nouveau, on a deux grandes propriétés, dans un repère orthonormé :
- le produit vectoriel de deux vecteurs différents donne un 3ème vecteur perpendiculaire au deux
- le produit vectoriel d'un vecteur par lui-même donne le vecteur nul : $\vec{e_x} \wedge \vec{e_x} = \vec{0}$

Enfin, dans le calcul vectoriel, il est très important de maîtriser la trigonométrie. On se rappelle donc :

$$cos = \frac{adj}{hyp} \qquad sin = \frac{opp}{hyp} \qquad tan = \frac{opp}{adj}$$

On peut donc définir un vecteur selon un autre vecteur via une opération trigonométrique. Par exemple :

$$\overrightarrow{e_r} = cos\,\theta\,\overrightarrow{e_x} + sin\,\theta\,\overrightarrow{e_y}$$
$$\overrightarrow{e_\theta} = -\,sin\;\;\theta\,\overrightarrow{e_x} + cos\;\;\theta\,\overrightarrow{e_y}$$

II. La description d'une trajectoire, d'une vitesse et d'une accélération

Au cours du temps, tout objet en mouvement se déplace selon une trajectoire, on peut décrire par une courbe le mouvement de l'objet avec en ordonnée une coordonnée x,y ou z et abscisse le temps . On aura un lien entre trajectoire, vitesse et accélération grâce à **la loi horaire**. Dans un repère cartésien, on aura :

$$\overrightarrow{OM}\,\{x = x(t)\; y = y(t)\; z = z(t)$$

Pour définir la vitesse, on peut le faire de deux façons, soit on définit une **vitesse moyenne** lorsqu'on va prendre la position à un temps 1 et la position à un temps 2. Si on note AB la position on a :

$$V_m(t_1, t_2) = \frac{AB_1 - AB_2}{t_1 - t_2}$$

On peut définir une **vitesse instantanée**, dans ce cas on va faire tendre $t_1 - t_2$ vers 0, ainsi la vitesse instantanée revient à calculer la dérivée de la position :

$$\vec{v}\,\{v(x) = \frac{dx}{dt}\; v(y) = \frac{dy}{dt}\; v(z) = \frac{dz}{dt}$$

Enfin **l'accélération** est définie par la dérivée de la vitesse, c'est-à-dire la dérivé seconde de la position :

$$\vec{a}\,\{a(x) = \frac{dv(x)}{dt} = \ddot{x}\,; a(y) = \frac{dv(y)}{dt} = \ddot{y}\,; a(z) = \frac{dv(z)}{dt} = \ddot{z}$$

III. Introduction à la notion de quantité de mouvement

Pour appréhender cette notion, quelques vidéos :

- Introduction à la quantité de mouvement → https://youtu.be/BwA3n3PtilY
- Mouvement de recul d'une patineuse qui lance une balle → https://youtu.be/qhSAuSCRBrA
- Conservation de la quantité de mouvement en 2D : Partie I → https://youtu.be/fJU9dbu0MjE
- Conservation de la quantité de mouvement en 2D : Partie II → https://youtu.be/EQcU50PyOXk
- Centre de masse → https://youtu.be/audOlj_9X1U

La quantité de mouvement est une notion physique qui est fonction à la fois de la masse et de la vitesse d'un objet, elle s'exprime en Newton (N).

La quantité de mouvement s'exprime :

$$\boxed{p = m.v}$$

Avec :
- ☐ p : la quantité de mouvement en $kg.m.s^{-1}$
- ☐ m : la masse en kg
- ☐ v : la vitesse en $m.s^{-1}$

Et cette relation s'utilise souvent dans le cadre du principe fondamental de la dynamique, il y a conservation de la quantité de mouvement :

$$\boxed{\Sigma F = ma = \frac{m.\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t}}$$

Avec :
- ☐ $\sum \ F$: somme des forces
- ☐ m : la masse en kg
- ☐ a : l'accélération en $m.s^{-2}$
- ☐ p : la quantité de mouvement en $kg.m.s^{-1}$
- ☐ t : le temps en s

Donc si la somme des forces appliquées au système est nulle, la quantité de mouvement se conserve.

IV. Les notions de base sur les mouvements de rotations

Les mouvements de rotations sont assez présents à l'étude que ça soit pour les pendules ou pour les ressorts. On doit alors définir de nouvelles notions comme la fréquence ou la période :

- La **période T** (en s) d'un phénomène périodique est la plus petite durée séparant deux reproductions à l'identique du phénomène.
- La **fréquence f** (en Hz = s^{-1}) est le nombre de fois qu'un phénomène périodique (= cycle) se reproduit par unité de temps. Le nombre de tours par seconde d'un moteur par exemple.
- La fréquence est l'inverse de la période T, tel que :

$$\boxed{f = \frac{1}{T}}$$

Avec :
- f : la fréquence en Hz
- T : la période en s

Il existe aussi la notion de moment d'une force qui permet d'étudier l'effet d'une force sur le mouvement d'un objet autour d'un axe de rotation comme une porte par. Cette notion est expliquée dans la vidéo suivante : https://www.youtube.com/watch?v=f0WzJbTiu54

On retient que le **moment** d'une force s'exprime en N.m

⚠️ Il ne faut donc pas confondre avec le travail car ils ont les mêmes unités mais pas la même signification. Le vecteur moment représente l'axe de rotation du système. Il faut toujours avoir une force pour définir un moment. On calcule la norme du moment d'une force par la formule :

$$\boxed{\overrightarrow{M_{\Delta}}(\vec{F}) = \vec{F} \wedge \overrightarrow{OA}}$$

Avec :
- $\overrightarrow{M_{\Delta}}(\vec{F})$: moment
- $\vec{F}$: force appliqué (en N)
- $\overrightarrow{OA}$: bras de levier (en m) avec O l'axe de rotation et A le point d'application de la force

Exercices

Exercice 1 : Choisissez-la ou les bonnes réponses

A. En mécanique newtonienne, les distances se mesurent en mm
B. Le résultat d'un produit scalaire est un nombre
C. La projection d'un vecteur sur l'axe des abscisses fait intervenir le cosinus dans l'exemple de référence présenté précédemment.
D. La vitesse instantanée est la dérivée du vecteur position par rapport au temps
E. Dans la base locale de Frenet, l'accélération normale est dirigée vers le centre de courbure

Exercice 2 : Un étudiant fait tomber son stylo pendant un examen de sa table avec une vitesse initiale nul, en considérant que la chute se fait dans un plan uniquement vertical et qu'il n'y a pas de frottement qui s'exerce sur ce dernier, on trouve :

$$a(y) = g$$

On donne : masse du stylo 100g et hauteur de la table 1 mètre. Donner la loi horaire que suit le stylo.

Exercice 3 : Quantité de mouvement

Une boule de pétanque A de masse 1,5 kg est jetée à une vitesse de 27 km/h sur une autre boule de pétanque B qui elle à une masse de 2,4 kg et qui avant le choc était immobile. En supposant que la boule A transmet toute sa quantité de mouvement à la balle B, à quelle vitesse (en km/h) la balle B sera elle projetée ?

Exercice 4 : Un disque effectue 45 tours par minute. Son diamètre est de $d = 17cm$. Calculer la fréquence du mouvement, ainsi que la période.

Exercice 5 : Une tige de poids négligeable est encastrée sur un mur avec lequel elle fait un angle de 55°. Elle supporte en B une charge de poids 2 500 N.

Calculer le moment de cette surcharge par rapport à un axe horizontal passant par le point d'encastrement A.

On donne : AB = 1,5 m

Correction des exercices

Exercice 1 :

A. **FAUX**, les distances se mesurent dans le système international donc en mètre.
B. **VRAI,** à la différence du produit vectoriel qui donne un vecteur.
C. **VRAI** on se rappelle que $cos\, cos\, a\ = \frac{adj}{hyp}$ avec l'abscisse qui correspond au côté adjacent.
D. **VRAI**.
E. **VRAI**, on se rappelle que l'accélération est centripète.

La bonne réponse est donc : B+C+D+E.

Exercice 2 :

L'énoncé nous donne la formule de l'accélération, pour trouver la loi horaire il va suffire que nous intégrions selon le temps deux fois cette dernière.

$$v(y) = \int a(y)\, dt = gt + Constante$$

La constante va correspondre à la vitesse initiale, l'énoncé nous dit que cette dernière est nulle, on a donc :

$$v(y) = gt$$

On peut en déduire :

$$y(t) = \int v(y)\, dt = \int \int a(y)\, dt = \frac{1}{2}gt^2 + Constante$$

La constante correspond ici à y (0) c'est-à-dire à la hauteur initiale, elle est de 1 mètre, on a donc :

$$y(t) = \frac{1}{2}gt^2 + 1$$

Exercice 3 :

On sait que A transmet toute sa quantité de mouvement à B donc dans notre système, la quantité de mouvement entre le moment précédant le choc et le moment suivant le choc se conserve. (On n'oublie pas de faire la conversion km/h → m/s)

On peut donc écrire : $p_{Ai} + p_{Bi} = p_{Af} + p_{Bf}$

Et $p_{Ai} = 1{,}5 \times \frac{27}{3{,}6} = 11{,}25\ kg.m.s^{-1}$ et $p_{Bi} = 2{,}4 \times\ 0 = 0\ kg.m.s^{-1}$

Donc la quantité de mouvement initiale (et finale) est de $11{,}25\ N$

On sait aussi que A transmet toute sa quantité de mouvement à B donc on peut écrire :

$$p_{Ai} = p_{Bf} = 11{,}25\ kg.m.s^{-1}$$

On en déduit que : $11{,}25\ = m_B \times v_B$ donc $v_B\ = \frac{11{,}25}{m_B} = \frac{11{,}25}{2{,}4} \simeq\ 4{,}69\ m.s^{-1}$

Et $4{,}9\ m.s^{-1}\ \simeq 17{,}6\ km.h^{-1}$.

Réponse : La balle B sera projetée à une vitesse de $17{,}6\ km.h^{-1}$.

Pour résoudre des exercices dans lesquels la quantité de mouvement se conserve il est primordial de savoir manipuler la formule de la conservation de la quantité de mouvement :

$$p_{Ai} + p_{Bi} = p_{Af} + p_{Bf}$$

Exercice 4 :

1. On sait que le disque effectue 45 tours par minute. Sa fréquence (nombres de tours par seconde) est donc :

$$f = \frac{45}{60} = 0{,}75\ s^{-1} = 0{,}75\ Hz$$

La période de rotation du disque se calcule par l'application de la formule : $T = \frac{1}{f}$

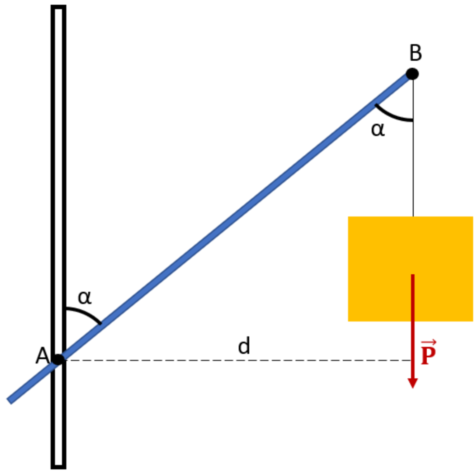
<u>Application numérique (A.N.) :</u>

$$T = \frac{1}{0{,}75} \approx 1{,}33s$$

Le disque nécessite donc environ 1,33 secondes pour effectuer un tour entier.

Exercice 5 :

Il est conseillé ici de faire un schéma :



Le moment de la surcharge par rapport à l'axe horizontal passant par A est :

$$M(\vec{P}) = P \cdot d$$

Par ailleurs, on a que : $sin\ (\alpha)\ = \frac{d}{AB} \Longrightarrow d = AB \cdot sin\ (\alpha)$

D'où : $M(\vec{P}) = \vec{P} \wedge \overrightarrow{AB} = P\ \cdot AB \cdot sin\ (\alpha)$

<u>A.N. :</u>

$$M(\vec{P}) = 2500 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}819 = 3\ 072\ N.m$$

ÉTUDE ENERGETIQUE DE L'ELECTRICITE

Cours

I. Introduction aux circuits électriques et à la Loi d'Ohm :

Vidéo de cours : https://www.youtube.com/watch?v=VzoiMlfT-al

Dans cette première partie, nous allons essayer de comprendre comment les charges "circulent" dans un circuit électrique.

1. Éléments constitutifs d'un circuit électrique simple

a. Source de tension

On commence par définir la **source de tension** aussi appelé "pile", "batterie" ou "générateur", ... Celle-ci est composée d'une borne positive et d'une borne négative. Schématiquement, une source de tension est un objet d'où sortent et rentrent des charges d'un côté ou de l'autre mais toujours avec une différence de potentiel entre les deux bornes égal.

b. Conducteur

On définit schématiquement un conducteur en électricité par un trait, symbolisant un fil. Celui-ci est également souvent définit comme étant "parfait". En pratique, le conducteur parfait n'existe pas.

Un **conducteur** est matériau dans lequel les charges peuvent "bouger", plus ou moins rapidement, sans obstacle.

c. Résistance

On définit schématiquement une résistance en électricité par un rectangle. Une **résistance** est composée d'un matériau différent de celui dans lequel est construit le conducteur. Les charges vont être entravées, se "cogner" constituant une résistance. Ainsi, les charges ne vont plus "bouger" aussi rapidement que dans le conducteur, on dit qu'elles vont être "ralentis" par la résistance.

2. Mouvements dans un circuit électrique

a. Particule en mouvement, l'électron

Au sein d'un circuit électrique, ce sont les particules élémentaires faisant partie des atomes appelées "**électrons (e^-)**" qui se déplacent.

Certaines matières, plus que d'autres, possèdent des propriétés facilitant le déplacement des électrons entre les atomes. C'est notamment le cas des métaux qui sont par ailleurs eux-mêmes différenciés en fonction de leur capacité à laisser des électrons se déplacer.

Les métaux, étant eux-mêmes de la matière, sont composés d'atomes. Un atome possède un noyau et plusieurs électrons. Les noyaux sont très lourds et donc sont situés dans un "réseau fixe", alors que les électrons sont plus légers, ils constituent "réseau mobile". Les électrons sont libres d'aller où ils veulent, ils sont en "libre circulation".

b. Sens du mouvement des électrons

Le **sens de déplacement des électrons**, appelé "sens réel de déplacement des particules" est dirigé de la borne chargée **négativement** vers la borne chargée **positivement**.

ATTENTION : Il ne faut pas confondre le sens de déplacement des électrons dans un circuit électrique avec ce qu'on appelle le "sens conventionnel du courant".

Le **sens conventionnel du courant**, appelé "**intensité**", est dirigé de la borne chargée **positivement** vers la borne chargée **négativement**.

3. Variables d'un courant électrique et mouvements

a. Intensité

L'intensité se définit comme étant la variation de charge (Q) en fonction de la variation du temps (t) dans une section de fil :

Une section de fil :

$$\boxed{I = \frac{\Delta q}{\Delta t}}$$

Avec : I : Intensité en Ampère (A)
Q : Charges en Coulomb (C)
t : Le temps en s^{-1}

L'intensité se mesure en ampère (A) et un ampère correspond à un coulomb (C) par seconde (s) :

$$1\ A \ = \ 1\ C/s\ ou\ C.s^{-1}$$

b. Différence de potentiel (ddp)

La différence de potentiel (ddp) nous indique l'intensité et la direction des charges électriques.

En connaissant le sens de déplacement des électrons, nous pouvons tracer leur déplacement. Celui-ci s'effectuant de la borne chargée négativement vers la borne chargée positivement. Ainsi, les **électrons** partent de la **borne négative** pour rejoindre la **borne positive**.

c. Résistance

La résistance se mesure en Ohm (Ω). La valeur de résistance d'un circuit dépend de beaucoup de choses et notamment :

- de la taille de la résistance rattachée au circuit
- du matériau dans laquelle elle est construite
- de la température (T)

Remarque : Lorsque la température (T) du circuit augmente, les particules du matériau constituant la résistance du circuit électrique acquièrent graduellement de plus en plus d'énergie cinétique (E_c). Ainsi la probabilité que les électrons du circuit électrique se cognent au sein de la résistance augmente.

4. Vitesse de déplacement des électrons

Il est relativement simple pour un électron de se déplacer au sein du fil conducteur. C'est au niveau de la résistance que tout se complique : au sein de la résistance, **les électrons vont être ralentis.** Cependant, les électrons au sein d'un circuit électrique ne peuvent pas s'accumuler/agglomérer en un endroit. En connaissance de cette affirmation, les électrons vont systématiquement à la même vitesse dans un circuit sans résistance.

Il ne faut donc pas uniquement prendre en compte la vitesse "physique" des électrons, mais bien l'intensité du courant électrique. L'intensité sera la même partout au sein du système puisque les électrons vont à la même vitesse dans tout le circuit.

Par conséquent, c'est la résistance qui dicte la vitesse dans électrons dans un circuit. La résistance impose à l'ensemble du circuit et plus particulièrement à la source de tension un "**courant**". La résistance est donc le facteur limitant d'un circuit électrique. C'est à partir de cette réflexion qu'est définie la Loi d'Ohm.

a. La loi des nœuds

Un nœud est une intersection dans un circuit électrique. La loi des nœuds nous dit que la somme des courants entrants est égale à la somme des courants sortants, car il y a conservation de la charge.
On peut aussi considérer les courants entrant du nœud comme positifs et les courants sortants négatifs et écrire :

$$\sum i_n = 0$$

b. La loi des mailles

Dans un circuit, une maille c'est une boucle fermée qui contient le générateur. La loi des mailles indique que dans une maille la somme des tensions est nulle. Une tension est une différence de tension. Par convention, une flèche dans le sens du courant correspondra à une tension positive et une flèche dans le sens inverse du courant à une tension négative.

$$\sum U_n = 0$$

c. Loi d'Ohm

La Loi d'Ohm affirme que la différence de potentiel entre les bornes de la source de tension (U) est le résultat de la proportionnalité entre la résistance (R) et l'intensité (I) :

$$\boxed{U = R \times I}$$

Avec :
- U : Tension du circuit électrique en Volt (V)
- R : Résistance du circuit électrique en Ohm (Ω)
- I : Intensité du circuit électrique en Ampère (A)

Selon la loi d'Ohm, la résistance (R) fixe l'intensité par rapport à une tension (U) donnée. Elle indique également que l'intensité (I) est proportionnelle à la tension (U) et que le facteur de proportionnalité en jeu est justement la résistance (R).

5. Energie

a. Puissance

La puissance est l'énergie transférée par unité de temps, elle est mesurée en Watt (W). Le temps est mesuré en secondes (s) et l'énergie en Joules (J). Dans un circuit on a :

$P = U \times I$ et par définition $P = \frac{E}{\Delta t} \Leftrightarrow E = P \times \Delta t$

E peut se mesurer en Wh (W multiplié par h, à ne pas confondre avec W/h).

b. Effet Joule

Un courant qui passe dans un matériau dissipe une partie de sa puissance en transmettant de la chaleur au matériau, c'est l'**effet Joule**. On peut calculer l'énergie dissipée par la formule suivante :

$P = U \times I = (R \times I) \times I = R \times I^2$ par la loi d'Ohm

$\Leftrightarrow \frac{E}{\Delta t} = R \times I^2 \Leftrightarrow E = R \times I^2 \times \Delta t$ en utilisant la formule ci-dessus et en multipliant par Δt

c. Rendement

Un convertisseur est un appareil qui transforme l'énergie. Par exemple un moteur électrique transforme l'énergie électrique en énergie mécanique. Une partie de l'énergie se "dissipe" sous forme de chaleur (puissance perdue ou inutile). Le rendement d'un convertisseur est le rapport entre la puissance utile délivrée par celui-ci et la puissance qui lui est fournie. Cette valeur sans unité est toujours comprise entre 0 et 1. On note :

$$\eta = \frac{P_{utile}}{P_{fournie}} = \frac{E_{utile}}{E_{fournie}}$$

Lorsque l'on utilise plusieurs convertisseurs en série, le **rendement global** est le produit de tous les rendements des différents convertisseurs.

6. Exercices et application des Lois

Énoncé : Quelle est la valeur d'intensité (I) d'un circuit électrique possédant une tension (U) de 20 Vols et une résistance (R) de 8 Ohms ?

II. Introduction à l'électrostatique, la charge et la Loi de Coulomb (C)

Vidéo de cours : https://www.youtube.com/watch?v=NsoxmTqb3sM

1. Charge

La **charge** est une notion abstraite de la physique qui se résume en une chose possédant une propriété.

Nous allons essayer de décrire cette propriété par un exemple :

On prend une première particule nommée "particule A", définie par une charge positive. Puis, on prend une deuxième particule nommée "particule B", étant aussi une charge positive égale à celle de la particule A.

➔ Ces **2 particules** ayant la **même charge** positive vont **se repousser** mutuellement.

On prend une troisième particule nommée "particule C", définie par une charge opposée aux particules A et/ou B ; une charge **négative**.

➔ Deux **particules** (A ou B et C) **de charges opposées** (positive et négative) vont **s'attirer** mutuellement.

Pour résumer cet exemple :

- **2 particules de même charge se repoussent**
- **2 particules de charge opposée s'attirent**

On définit une charge par ce qu'elle engendre. En réalité, on ne sait pas ce qu'est une charge, la seule façon de la connaître, c'est de voir la propriété engendrée par l'essence de cette charge.

2. Mesure de la charge

Pour mesurer quelque chose, il faut connaître son unité.

La charge se mesure en **Coulomb (C)**.

Pour définir ce qu'est un coulomb, on part des particules élémentaires, c'est-à-dire l'atome.

Un **atome** est composé d'un noyau, lui-même composé de 2 types de particules :

- Les **Neutrons** (n) : particules neutres ne possédant pas de charge.
- Les **Protons** (p) **:** particules chargées **positivement**.

De plus, un **atome** est composé de particules gravitants autour du noyau, les **électrons (e^-)**". Ces électrons sont des particules de petites tailles beaucoup moins importantes que le noyau et sont chargées **négativement**.

À partir de tous ces éléments, nous pouvons définir ce qu'on appelle la "**charge élémentaire (e)**". C'est cette charge élémentaire qui définit la charge positive d'un proton ou la charge négative d'un électron :

- **e ou +e = charge d'un proton (p)**
- **-e = charge d'un électron (e^-)**
- **e = e^-** : la charge d'un proton est égale à la charge d'un électron

C'est à partir de cette notion de charge élémentaire qu'on peut définir le Coulomb (C) :

$$\boxed{1\ C\ =\ 6{,}24 \times 10^{18}\ e}$$

On peut donc également définir la valeur de la charge élémentaire (e) :

$$\boxed{e\ =\ 1{,}6 \times 10^{-19}\ C}$$

a. Comment mesurer une charge ?

Rappel :

- **2 particules de même charge se repoussent**
- **2 particules de charge opposée s'attirent**

Dans le premier cas énoncé, 2 particules de même charge vont s'éloigner l'une de l'autre en s'accélérant.

Dans le deuxième cas, 2 particules de charge opposée, celles-ci vont se rapprocher l'une de l'autre en s'accélérant.

Ces particules vont donc générer une force agissant sur les autres particules. C'est la force générée qui créée un mouvement. Cette force est exprimée par une loi connue : la Loi de Coulomb.

b. Loi de Coulomb

La Loi de Coulomb nous dit que l'amplitude de la force électrostatique (F_e) qui s'exerce entre deux particules chargées (q_1 et q_2) est égale :

$$\boxed{F_e\ =\ k \times \frac{q_1 \times q_2}{r^2}}$$

Avec :

- F_e : la force électrostatique en Newton (N)
- Constante $k = 9 \times 10^9 = \frac{1}{4 \times \pi \times \varepsilon_0}$ en $N.m^2.C^{-2}$
- q_1 : la charge de la particule 1 en Coulomb (C)
- q_2 : la charge de la particule 2 en Coulomb
- r : Distance entre les charges (q_1 et q_2) en mètre (m)

Cette force électrostatique s'exerce dans des conditions particulières :

- à distance
- dans le vide

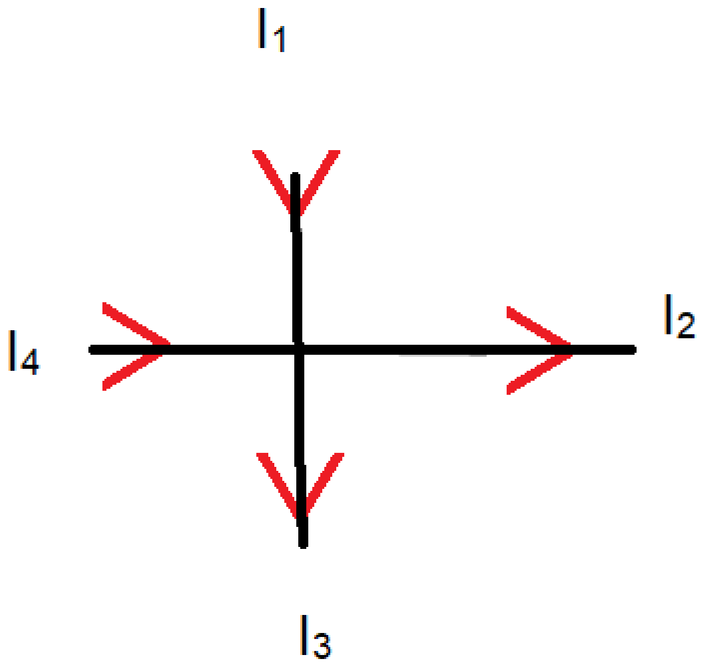
La **loi de Coulomb** décrit donc les mouvements des charges régis par la force électrostatique (F_e). La force électrostatique est donc proportionnelle au produit des charges et inversement proportionnelle à la distance au carré qui sépare ces charges.

3. Exemple et application de la loi de Coulomb

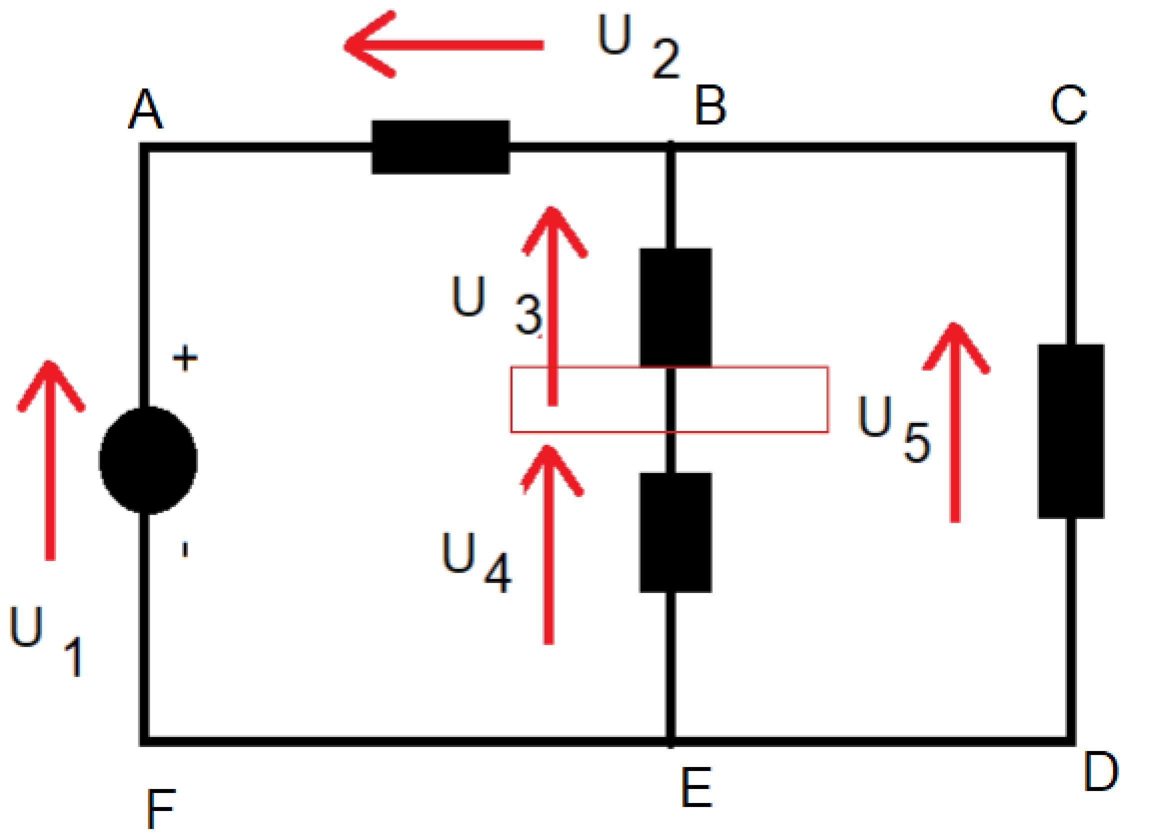
Énoncé : Deux particules, de charge $q_1 = 8 \times 10^{-6}$ C et $q_2 = -11 \times 10^{-5}$ C, distante de 0,35 mètres. Calculez la force électrostatique de ce système particulaire.

Exercices

Exercice 1 : Sachant que I_1 = 1 A, I_3 = 2 A, I_4 = 3 A que vaut I_2 ?
Les flèches indiquent le sens du courant.



Exercice 2 : Que valent U_3 et U_5? On donne U_1= 10 V, U_2= 3 V, U_4= 4 V



Exercice 3 : Un four à micro-ondes de puissance 1200 W a un rendement de 65 %. Calculer l'énergie perdue si le four fonctionne 2 min.

Exercice 4 : On veut déterminer le rendement et la puissance d'un thermoplongeur (appareil qui permet de chauffer des liquides). On réalise alors l'expérience suivante :

On le place dans un bécher contenant une masse m = 701,2g d'eau à la température initiale de 22,1°C. On l'alimente en insérant un compteur d'énergie pendant 3min 6s. La température de l'eau est de 40,1°C et le compteur indique 0,0155kWh.

a. Quel est le nom du phénomène présidant à cette conversion d'énergie ? Quel est le rendement du thermoplongeur ?

b. Détermine la puissance du thermoplongeur.

c. Sachant qu'il faut 4,18 J pour élever de 1°C une masse d'eau de 1g, détermine le rendement du dispositif thermoplongeur, eau et bécher. On dit que la capacité thermique massique C_m de l'eau est de 4,18 J/C°.

d. Sachant que la tension efficace d'alimentation du thermoplongeur est U = 220 V, calculer sa résistance.

Exercice 5 : Deux particules, de charge $q_1 = 6 \times 10^{-4}$ C et $q_2 = 4 \times 10^{-6}$ C, distante de 0,50 mètres. Calculez la force électrostatique de ce système particulaire.

Exercice 6 : Deux particules, de charge $q_1 = 12 \times 10^{-23}$ C et $q_2 = - 14 \times 10^{-16}$ C, distante de 0,76 mètres. Calculez la force électrostatique de ce système particulaire.

Exercice 7 : Deux particules, de charge $q_1 = - 7 \times 10^{-2}$ C et $q_2 = - 4 \times 10^{-6}$ C, distante de 0,5 centimètres. Calculez la force électrostatique de ce système particulaire.

Correction des exercices

<u>Exercice d'application loi d'ohm</u> : Pour réaliser cet exercice, on applique la Loi d'Ohm :

$$U = R \times I$$
$$\Leftrightarrow I = \frac{U}{R}$$
$$\Leftrightarrow I = \frac{20}{8}$$
$$\Leftrightarrow I = 2{,}5\ A\ ou\ C/s$$

Au sein de ce circuit circule une intensité de 2,5 ampères (A) ou Colomb par seconde (C/s ou C.s^{-1}).

<u>Exercice d'application loi de coulomb :</u>

Pour réaliser cet exercice, on applique la Loi de Coulomb :

$$F_e = k \times \frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$
$$\Leftrightarrow F_e = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6} \times (-11 \times 10^{-5})}{0{,}35^2}$$
$$\Leftrightarrow F_e = 9 \times 10^9 \times \frac{-88 \times 10^{-11}}{12{,}25 \times 10^{-2}}$$
$$\Leftrightarrow F_e = -64{,}65306122\ N$$

Une force électrostatique dont l'amplitude est négative, signifie que cette force est attractive.
Si nous avions obtenu une force électrostatique dont l'amplitude est positive, cette force aurait été répulsive.

Exercice 1 :

En appliquant la loi des nœuds :

$I_1 + I_4 - I_3 - I_2 = 0 \Leftrightarrow I_2 = I_1 + I_4 - I_3 = 1 + 3 - 2 = 2\ A$

Exercice 2:

Ce circuit est composé de deux mailles ABEF et ACDF.

Dans la maille ABEF on applique la loi des mailles :

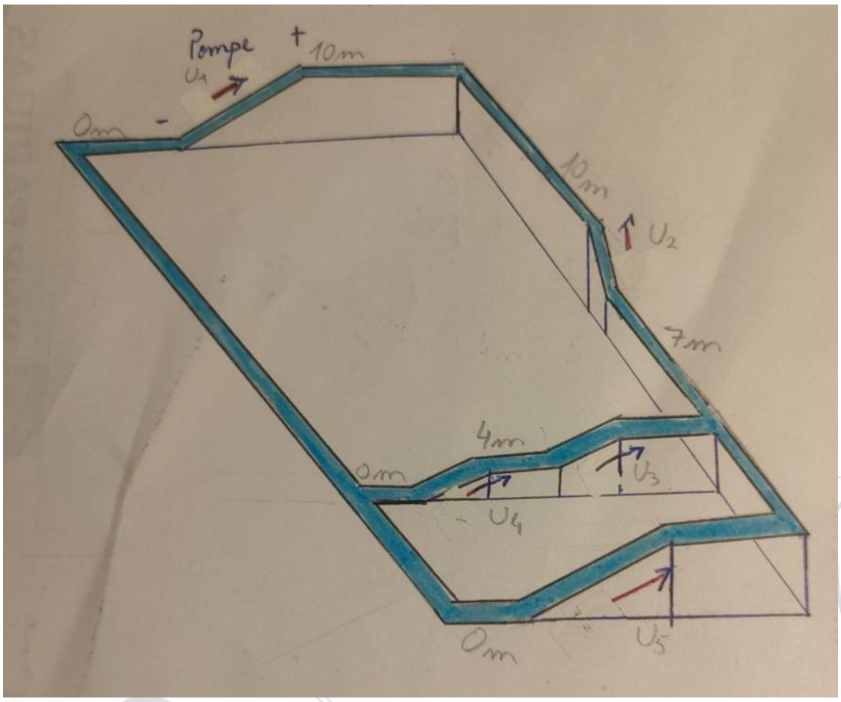
$$U_1 - U_2 - U_3 - U_4 = 0 \Leftrightarrow U_3 = U_1 - U_2 - U_4 = 10 - 3 - 4 = 3\ V$$

Dans la maille ACDF on applique la loi des mailles :

$$U_1 - U_2 - U_5 = 0 \Leftrightarrow U_5 = U_1 - U_2 = 10 - 3 = 7\ V$$

Pour mieux comprendre la loi des mailles, on peut utiliser l'analogie de l'eau. On imagine un circuit d'eau dans lequel la différence de potentiel serait une différence d'altitude (les tuyaux peuvent monter ou descendre). L'analogie a en fait un sens physique la tension est une différence de potentiel dans le circuit. Dans un système macroscopique comme un circuit d'eau, l'énergie potentielle de pesanteur dépend de l'altitude (vous le verrez en L1sps).

On peut modéliser le circuit de l'exercice comme ceci :



Exercice 3 :

On sait que $E_{perdue} = P_{perdue} \times \Delta t$. (*)

$P_{perdue} = P_{fournie} - P_{utile}$ (**)

On sait aussi que $\eta = 0{,}65$ or $\eta = \frac{P_{utile}}{P_{fournie}} \Leftrightarrow P_{utile} = P_{fournie} \times \eta$

En remplaçant dans (*)

$$\Rightarrow P_{perdue} = P_{fournie} - P_{fournie} \times \eta = P_{fournie} \times (1 - \eta)$$

En remplaçant dans (*)

$$\Rightarrow E_{perdue} = P_{fournie} \times (1 - \eta) \times \Delta t$$

$\Rightarrow E_{perdue} = 1200 \times (1 - 0{,}65) \times 2 \times 60 = 50400\,J$

Ne pas oublier de convertir en secondes !

Exercice 4 :

a. C'est l'**effet Joule**. Le but de cet appareil est de chauffer le liquide, comme toute l'énergie est convertie en énergie thermique, le rendement est de 100%.

b. Le thermoplongeur a consommé l'énergie $E_c = 0{,}0155kWh = 15{,}5W \times 3600\,s$
$\Leftrightarrow E_c = 55800J$ pendant la durée $\Delta t = 3min\,6\,s = 186\,s$

$$P = \frac{E_c}{\Delta t} = \frac{55800}{186} = 300\,W$$

c. L'énergie utile (celle reçue par l'eau pour la chauffer) est notée E_u

Ainsi pour chaque degré de plus pour chaque gramme d'eau, on utilise C_m. On en déduit donc :

$E_u = m \times C_m \times \Delta T$. Avec T la température

$$\Rightarrow E_u = 701{,}2 \times 4{,}18 \times (40{,}1 - 22{,}1) = 52758\,J$$

En reprenant la notation E_c l'énergie fournie au thermoplongeur, on peut calculer le rendement du système thermoplongeur, eau et bécher :

$\eta = \frac{E_u}{E_c} = \frac{52758}{55800} = 0{,}94.$

On peut remarquer que ce rendement est inférieur au rendement du thermoplongeur seul car l'énergie utile du système thermoplongeur, eau et bécher ne considère uniquement celle qui a servi à chauffer l'eau et pas celle qui s'est dissipée.

d. Pour trouver R on applique la loi d'Ohm

$U = R \times I \Leftrightarrow R = \frac{U}{I}$

On sait aussi que $P = U \times I \Leftrightarrow I = \frac{P}{U}$

En remplaçant dans notre loi d'Ohm :

$$R = \frac{U^2}{P} = 220^2/300 = 161\ \Omega$$

Exercice 5 :

Pour réaliser cet exercice, on applique la Loi de Coulomb :

$$F_e = k \times \frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$

$$\Leftrightarrow F_e = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-6}}{0{,}5^2}$$

$$\Leftrightarrow F_e = 9 \times 10^9 \times \frac{24 \times 10^{-10}}{25 \times 10^{-2}}$$

$$\Leftrightarrow F_e = 86{,}4\ N$$

Exercice 6 :

Pour réaliser cet exercice, on applique la Loi de Coulomb :

$$F_e = k \times \frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$

$$\Leftrightarrow F_e = 9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-23} \times (-14 \times 10^{-16})}{0{,}76^2}$$

$$\Leftrightarrow F_e = 9 \times 10^9 \times \frac{-168 \times 10^{-39}}{57{,}76 \times 10^{-2}}$$

$$\Leftrightarrow F_e = -2{,}62 \times 10^{-27}\ N$$

Exercice 7 :

Pour réaliser cet exercice, on applique la Loi de Coulomb :

$$F_e = k \times \frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$

$$\Leftrightarrow F_e = 9 \times 10^9 \times \frac{(-7 \times 10^{-2}) \times (-4 \times 10^{-6})}{(0{,}5 \times 10^{-2})^2}$$

$$\Leftrightarrow F_e = 9 \times 10^9 \times \frac{28 \times 10^{-8}}{25 \times 10^{-4}}$$

$$\Leftrightarrow F_e = 1{,}008 \times 10^6\ N$$

ETUDE ENERGETIQUE DE LA MECANIQUE

Cours et exercices

Nous te conseillons de consulter le site Khan Academy avant la lecture de cette fiche car celle-ci est un résumé de ce qui est mentionné sur le site.

I. Définition

Vidéo de cours : https://youtu.be/hK6_hsfgNWA

1. Énergie

L'énergie en physique correspond à une grandeur qui permet de mesurer la capacité d'un système à modifier un état, à produire un travail ou à produire de la chaleur. L'unité de l'énergie est le joule (J). L'énergie n'est pas une substance matérielle. La consommation énergétique est un concept dont on parle beaucoup, mais il faut bien comprendre que l'énergie n'est jamais perdue, elle est plutôt transformée d'une forme à une autre.

2. Travail

Quand on parle de travail, on parle en fait du travail d'une force. Le travail correspond à l'**énergie** nécessaire pour déplacer un système d'un point A vers un point B. Le travail est donc aussi exprimé en joule (J). On a la formule du travail suivante : $W = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$ où $\vec{F}$ est une force conservative et $\overrightarrow{AB}$ est le vecteur du déplacement du système.

II. Types d'énergie

- L'énergie **cinétique** (une balle de fusil a une énergie cinétique)
  → L'énergie cinétique correspond à l'énergie que possède un système en raison de son mouvement par rapport à un référentiel donné.
- L'énergie **potentielle** (un barrage hydraulique par exemple)
  → L'énergie potentielle correspond à l'énergie que possède un système en raison des différentes interactions fondamentales notamment l'interaction gravitationnelle et électromagnétique.
- L'énergie **thermique** (la flamme)
- L'énergie **solaire**
- L'énergie **nucléaire**, etc

N.B : On peut passer d'une énergie à une autre

III. Mesure de l'énergie

En physique **l'énergie** et le **travail** s'expriment en **joule** (J). Elle peut également s'exprimer en Calories.
1 Calorie correspond à la quantité d'énergie nécessaire pour élever la température d'1g d'eau de 1°C.
1 Calorie est donc égale à 4,184 joules.

Exercice 1 :
Quelle énergie doit-on dépenser (en calories) pour déplacer sur 10 mètres sur une surface plane, une charge en lui appliquant une force de 500 N ?

IV. Énergie cinétique

Vidéo de cours : https://youtu.be/__3mgvNifIg

L'**énergie cinétique, notée** E_C, est l'énergie que possède un corps du fait de son mouvement par rapport à un référentiel donné. Pour mettre un objet en mouvement, il faut appliquer une force. L'énergie cinétique, qui s'exprime en joule (J), dépend de la masse et de la vitesse de l'objet.

$$\boxed{E_c = \frac{1}{2}mv^2}$$

Avec :

- E_c : énergie cinétique (en J)
- m : masse (en kg)
- v : vitesse du système (en $m.s^{-1}$)

Vidéo de cours : https://youtu.be/IGk_aVYsf6Q

Le travail et l'énergie cinétique sont lié par la relation du théorème de l'énergie cinétique :

$$\boxed{\Sigma W(\vec{F}) = \Delta E_c}$$

On en déduit la relation (dans le cas où on considère le travail d'une seule force F) :

$$W = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = \frac{1}{2}mv_b^2 - \frac{1}{2}mv_a^2$$

Exercice 2 :

Se retrouver face à un éléphant de masse $m_e = 6000\ kg$ et ayant une vitesse $v_e = 10\ m.s^{-1}$ est plutôt dangereux.

A quelle vitesse serait tiré un boulet de canon de masse $m_b = 111\ kg$ s'il avait la même énergie cinétique que l'éléphant ?

Exercice 3 :

Dans un supermarché, on pousse un caddie d'une masse $m = 15{,}0\ kg$ avec une force horizontale constante de $F = 20\ N$, en un point A on a une vitesse $v_a = 3\ m.s^{-1}$. Quelle est la vitesse du caddie 35 mètres plus loin au point B ? On négligera les frottements.

V. Énergie potentielle

L'**énergie potentielle, notée** E_p, est l'énergie disponible d'un système en raison des différentes interactions. On se contentera ici d'étudier l'énergie potentielle de pesanteur, c'est-à-dire l'énergie disponible d'un système en raison du champ de pesanteur. Elle est proportionnelle à l'altitude, à la masse et à l'accélération de la pesanteur.

$$\boxed{E_p = m \times g \times h}$$

Avec :

- E_p : énergie potentielle (en J)
- m : la masse (en kg)
- $g = 9{,}81\ \ m.s^{-2}$: l'accélération de la pesanteur
- h : la hauteur en m

VI. Énergie mécanique

Vidéo : conservation de l'énergie : https://youtu.be/p5SvLG5SDw0

L'**énergie mécanique, notée** E_m en Joule (J), est définie par la relation $E_m = E_c + E_p$. On dit qu'il y a conservation de l'énergie mécanique quand le système n'est soumis qu'à des forces conservatives ou des forces dont le travail est nul, c'est-à-dire que l'énergie mécanique est constante en tout point et donc qu'on a $\Delta E_c = -\Delta E_p$.

On dit qu'une **force** est **conservative** lorsque le travail produit par cette force ne dépend pas du chemin mais uniquement du point de départ est d'arrivée, c'est le cas du **poids**, qui est la force conservative qu'on rencontrera le plus souvent.

Une force qui **n'**est **pas conservative** est par exemple une **force de frottement**. Dans le cas où on la considère, on ne peut pas avoir conservation de l'énergie mécanique.

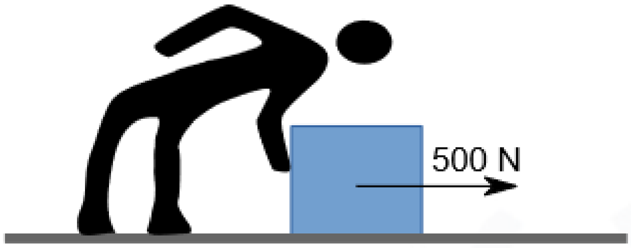
Exercice 4

Pablo s'ennuie en cours donc il commence à jouer avec une boule de bowling numéro 11 de masse $m = 4{,}99\ kg$ qu'il a toujours dans son sac. Il la lâche à une hauteur $h = 1{,}20\ m$ par rapport au sol avec une vitesse initiale nulle.

1. Faire le bilan des forces qui s'appliquent sur la boule.
2. L'énergie mécanique est-elle conservée au cours du trajet de la boule jusqu'au sol ? On négligera les frottements.
3. Calculer l'énergie potentielle au départ.
4. Calculer la vitesse de la boule de bowling juste avant l'impact.

Correction des exercices

Exercice 1 :



On calcule le travail, qui est donné par $W = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = 500 \times 10 \times cos\ (0) = 5\,000\ J$. Il faut donc dépenser $5000\ J$ donc $\frac{5000}{4{,}184} = 1195\ cal.$

Exercice 2 :

$$E_c(boulet\ canon) = E_c(éléphant)$$
$$\frac{1}{2}m_b \times {v_b}^2 = \frac{1}{2}m_e \times {v_e}^2$$
$$v_b^2 = \frac{m_e \times v_e^2}{m_b} = \frac{6000 \times 10^2}{111}775\ m.s^{-1}$$
$$|v_b| = \sqrt{775} = 27{,}8\ m.s^{-1}$$

Exercice 3 :

Le caddie est soumis à deux forces, son poids et la force $\vec{F}$, on va utiliser le théorème de l'énergie cinétique pour trouver v_b. On a la relation : $\Sigma W(\vec{F}) = \Delta E_c$ sauf que le travail du poids est nul car le déplacement est horizontal tandis que la force est verticale donc on a $W_{A\to B}(\vec{P}) = \vec{P}.\overrightarrow{AB} = mg \times AB \times cos\ cos\ (90°) = 0$ donc on ne considère que le travail de la force F, ce qui nous donne : $W = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F \times AB \times$ $cos\ cos\ (0°) = \frac{1}{2}mv_b^2 - \frac{1}{2}mv_a^2$ d'où on a

$$20 \times 35 = 700 = \frac{1}{2} \times 15{,}0 \times v_b^2 - \frac{1}{2} \times 15{,}0 \times 3^2$$
$$700 + \frac{1}{2} \times 15{,}0 \times 3^2 = \frac{1}{2} \times 15{,}0 \times v_b^2$$
$$767{,}5 = \frac{1}{2} \times 15{,}0 \times v_b^2$$
$$767{,}5 \times \frac{2}{15{,}0} = v_b^2$$
$$\frac{307}{3} = v_b^2$$
$$|v_b| = \sqrt{\frac{307}{3}} = 10{,}12\ m.s^{-1}$$

Donc la vitesse v_b au point B est de $10{,}12\ m.s^{-1}$.

Exercice 4 :

1. La seule force qui s'applique sur la balle est le poids $\vec{P} = m.\vec{g}$ car on néglige les frottements.
2. Oui il y a conservation de l'énergie mécanique car le poids est une force conservative. On a en tout point de la chute la relation $E_m = E_c + E_p$
3. L'énergie potentielle au départ se calcule avec la formule suivante : $E_p = m \times g \times h = 4{,}99 \times 9{,}81 \times 1{,}20 = 58{,}74\,J$. Attention la masse est toujours exprimé en kg, l'accélération de la pesanteur en m.s^{-2} et la hauteur en m. On peut noter qu'au point de départ l'énergie cinétique est nulle car la balle n'a pas de vitesse on a donc $E_m(A) = E_c(A) + E_p(A) = 0 + 58{,}74 = 58{,}74\,J$.
4. Comme il y a conservation de l'énergie mécanique et qu'au point d'impact la hauteur $h_b = 0$ de la boule est nulle donc $E_p(B) = m \times g \times h_b = 0$, on a la relation $E_m(B) = E_c(B) + E_p(B) = E_m(A)$ d'où on déduit $E_c(B) = E_m(A)$ c'est-à-dire $\frac{1}{2}mv_b^2 = 58{,}74\,J$ on isole alors la vitesse, ce qui nous donne $|v_b| = \sqrt{\frac{58{,}74\times2}{m}} = \sqrt{\frac{58{,}74\times2}{4{,}99}} = 4{,}85\,m.s^{-1}$

ONDES MÉCANIQUES ET ÉLECTROMAGNETIQUES

Cours

On te conseille de consulter le site Khan Academy avant la lecture de cette fiche car celle-ci est un résumé de ce qui est mentionné sur le site.

Pour mieux comprendre les ondes mécaniques, visualise également ces vidéos avant :

- Vidéo de cours 1 : https://youtu.be/Zn2BW5nFGQo
- Vidéo de cours 2 : https://youtu.be/ipRVXarbK3k

I. Notion d'onde mécanique progressive

1. Définition

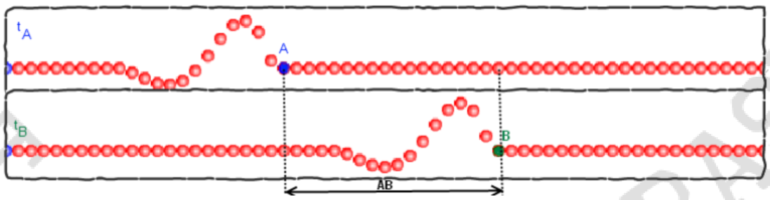
Une **onde mécanique progressive** est le phénomène de propagation d'une perturbation locale dans un milieu matériel (les ondes mécaniques ne se déplacent pas dans le vide). Pour une onde mécanique, il n'y a pas de déplacement de matière mais un **transport d'énergie**.

Source de l'image : © Académie de Grenoble

Si cette image était en mouvement on observerait un mouvement vertical des molécules, de bas en haut. Mais aucun déplacement horizontal. La perturbation se propage, mais pas la molécule. Il n'y a donc aucun transport de matière.

2. Notion de retard

Le retard entre un point A et un point B est la durée que l'onde met pour se propager de A à B sur la distance AB, notée τ (tau). On a τ = $t_B - t_A$.



Source de l'image : © Académie de Grenoble

3. Notion de vitesse de propagation (ou célérité)

La **vitesse** est une distance divisée par un temps ($\frac{distance}{temps}$).

$$\boxed{v = \frac{d}{\Delta t}}$$

Avec :

- v : la vitesse en $m.s^{-1}$
- d : la distance en m
- Δt : le temps en s

4. Notion de sens de propagation

Le sens de propagation est le sens vers lequel l'onde se déplace. Sur notre exemple, l'onde se propage vers la droite.

5. Notion d'amplitude

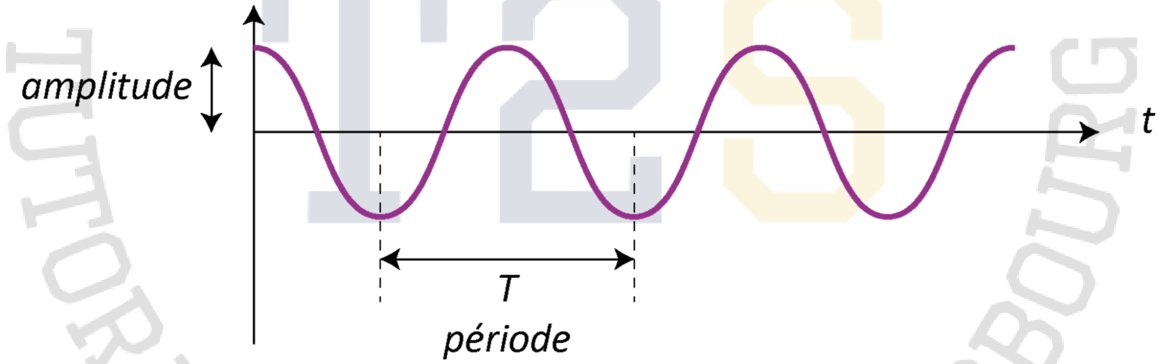
Les points du milieu dans lequel se propage l'onde ont un mouvement d'oscillation : il se déplacent par rapport à leur position initiale d'une distance appelée **amplitude**. L'amplitude correspond à la distance entre le point le plus haut ou bas atteint par la molécule lors de son déplacement vertical et sa position au repos.

Par exemple, l'amplitude, pour une corde vibrante sera la distance séparant le point le plus haut atteint en ordonnée (y) par la corde, de son point de repos.

6. Notion de longueur d'onde λ

La longueur d'onde (ou période spatiale) est une grandeur physique homogène qui s'exprime généralement en nm $(= 10^{-9} m)$caractéristique d'une onde monochromatique dans une milieu homogène, définie comme la plus petite distance séparant deux maxima (point le plus haut) consécutifs. Autrement dit, c'est la distance λ que parcourt l'onde en une période T.

$$\boxed{v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times f}$$

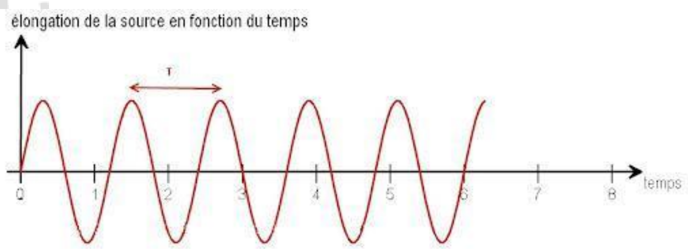


Source de l'image : © Académie de Montpellier

II. Ondes sinusoïdales, propagations longitudinales et transversales

1. L'onde sinusoïdale

L'onde sinusoïdale est une onde à la fois sinusoïdale dans l'espace (par rapport à x) et dans le temps (par rapport à t).



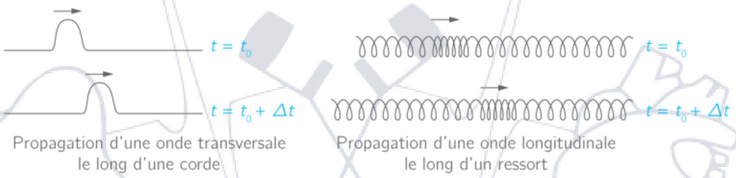
Source de l'image : © Académie de Grenoble

2. Onde transversale

Une onde transversale est un type d'onde pour lequel la déformation du milieu est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde. Exemple : la houle est un type d'onde transversale. L'eau se déforme de haut en bas dans le mouvement de la vague mais l'onde se déplace de droite à gauche de façon perpendiculaire à la direction de la déformation.

3. Onde longitudinale

Une onde est qualifiée de longitudinale car le déplacement des particules s'effectue selon une direction parallèle à la propagation de l'onde.



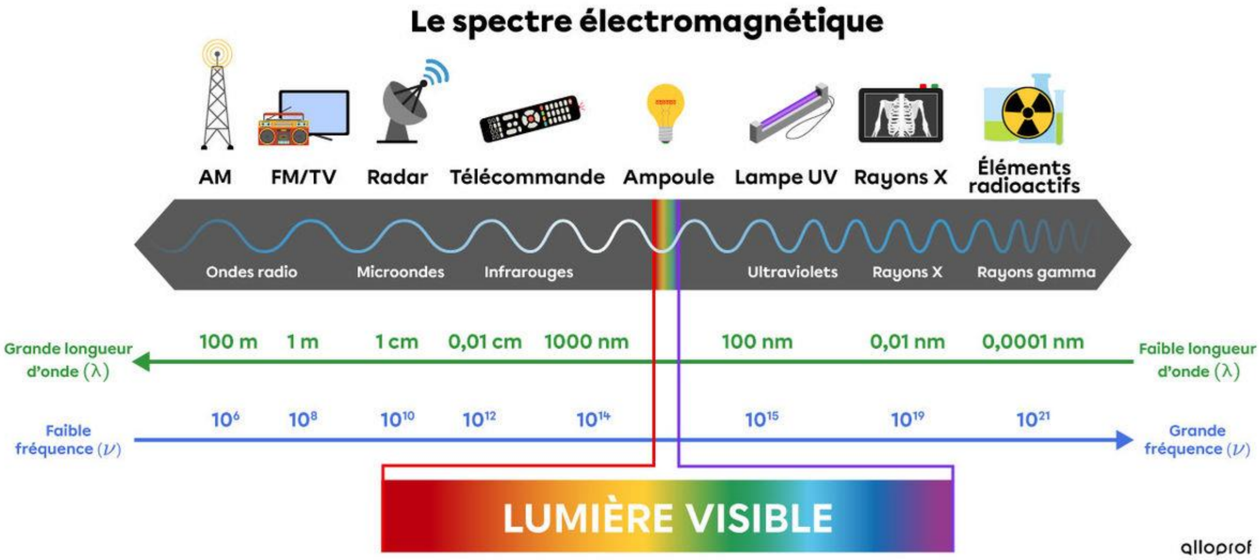
Source de l'image : © Kartable

III. Introduction à la notion d'ondes électromagnétiques

Vidéo de cours : https://www.youtube.com/watch?v=eaibXuVXo5s

Une onde électromagnétique correspond à la superposition dans un espace d'un **champ électrique** ($\vec{E}$) et d'un **champ magnétique** ($\vec{B}$), les champs ont des directions de propagations perpendiculaires l'un par rapport à l'autre. **Chaque onde est caractérisée par une fréquence** (et donc une longueur d'onde) **donnée**, et chaque fréquence appartient à un domaine de fréquence électromagnétique bien précis. En voici quelques exemples :

- Lumière visible : longueur d'onde entre 400nm et 800nm



Source de l'image : © alloprof

- Infrarouge: longueur d'onde entre 1µm et 1mm
- Ultraviolet: longueur d'onde entre 10nm et 400nm

La fréquence f et la longueur d'onde λ sont reliées par la formule :

$$\boxed{c = \lambda \times f}$$

Avec :

- c : la célérité (=vitesse) en $m.s^{-1}$
- λ : la période spatiale en m
- f : la fréquence en Hz

Les ondes électromagnétiques se propagent à la vitesse de la lumière dans le vide.

Les ondes électromagnétiques **transportent de l'énergie**, et sont capables de la transférer aux matériaux (atomes) qu'elles rencontrent sur leurs passages.

Ce transfert d'énergie fait que les atomes vont vibrer et passer à des niveaux énergétiques plus élevés, parfois, cette transition entraînera des conséquences visibles comme le rayonnement. *Par exemple, les ondes électromagnétiques qui proviennent du soleil vers la surface terrestre.*

Pour pouvoir visualiser ces ondes, on peut penser aux vagues de la mer qui présentent des oscillations des molécules d'eau, semblablement, les ondes électromagnétiques sont traduites par des oscillations des atomes/molécules du milieu de propagation.

IV. Et les calculs… ?

1. La période

La période, notée T, est l'intervalle de temps séparant deux états vibratoires identiques et successifs d'un point du milieu dans lequel l'onde se propage.

$$\boxed{T = \frac{1}{f}}$$

Avec :

- T : la période en s
- f : la fréquence en Hz (ou s^{-1})

2. La fréquence

La fréquence est le nombre de périodes par unité de temps ce qui correspond à l'inverse de la période :

$$\boxed{f = \frac{1}{T}}$$

3. La longueur d'onde

La longueur d'onde est la distance séparant deux molécules successives dans le même état vibratoire (même pression et vitesse acoustique) ou encore la distance parcourue par l'onde pendant une période.

$$\boxed{\lambda = c \times T}$$

Avec :

- T : la période en s
- c : la célérité ($c = 3.10^8\ m.s^{-1}$
- f : la fréquence en Hz (ou s^{-1})

4. Célérité

La célérité d'une onde est une propriété dépendante du milieu de propagation. Tout point du milieu de propagation reproduit avec un certain retard, la perturbation imposée par la source, c'est la vitesse de l'onde.

$$\boxed{v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times f}$$

Avec :

- v : la vitesse de l'onde en $m.s^{-1}$
- T : la période en s
- λ : la période spatial (ou longueur d'onde) en m
- f : la fréquence en Hz (ou s^{-1})

Exercices

Exercice 1 : Choisissez-la ou les bonnes réponses. Les phénomènes suivants peuvent être décrits par une onde mécanique progressive longitudinale.

1. La lumière émise par les feux d'une voiture.
2. Le son émis par une guitare.
3. Le déplacement d'un bobsleigh sur une piste.
4. Une vague créée par un pavé jeté dans une mare.

Exercice 2 : Choisissez-la ou les bonnes réponses. La propagation d'une onde mécanique s'accompagne :

1. D'un transport d'énergie
2. D'un transport de matière
3. D'un transport d'énergie et de matière
4. D'aucun transport

Exercice 3 :

1. Une onde est une propagation d'une perturbation, avec un transport de matière et d'énergie. **VRAI/FAUX**

2. Les ondes électromagnétiques peuvent se déplacer dans le vide. **VRAI/FAUX**

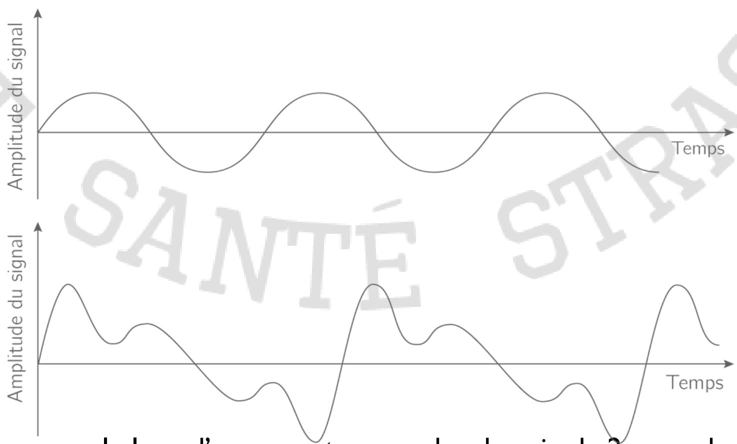
3. Les ondes sonores se propagent de manière transversale (perpendiculairement à la direction de propagation). **VRAI/FAUX**

Exercice 4 :

1. L'amplitude d'une onde est la hauteur entre les valeurs extrêmes. **VRAI/FAUX**
2. La période est l'inverse de la fréquence. **VRAI/FAUX**
3. Lors d'un cycle, la longueur d'onde est la distance parcourue en une période. **VRAI/FAUX**
4. Pour parcourir 5m le long d'une corde, une onde met à 0,50s. La célérité de cette onde vaut :

A. 2,5 m/s **B**. 0,10 m/s **C**. 10 km/s **D.** 10 m/s

5. Une onde possède une période de 5 ms. Quelle est sa fréquence ?
6. Sur les courbes suivantes, placer : T, λ et l'amplitude. Puis, sachant que λ = 40 cm et T = 25 ms, déterminer la vitesse de propagation de cette onde, ainsi que sa fréquence.



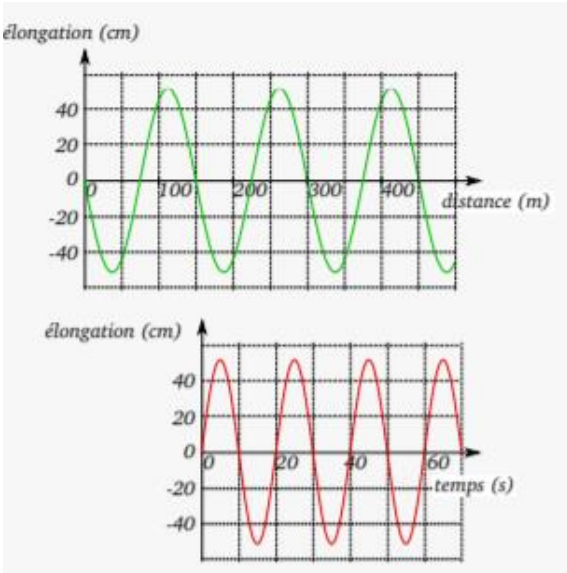
Source de l'image : © Kartable

Exercice 5 : Pour se propager le long d'un ressort une onde a besoin de 2 secondes, avec une célérité de 3 $m.s^{-1}$. Quelle est la longueur du ressort ?

Exercice 6 : *(d'après Belin 2019)* Les deux graphiques de la figure 1 correspondent à la même onde périodique.

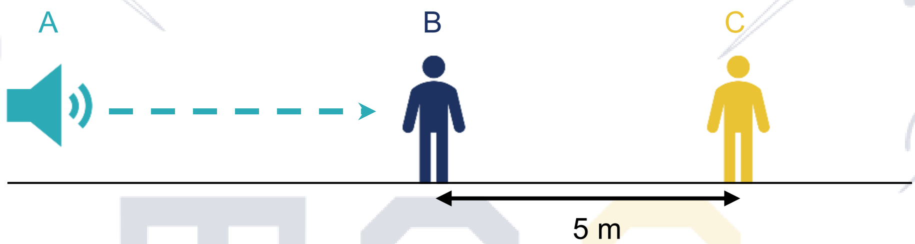
A. Déterminer la période, la longueur d'onde et l'amplitude de cette onde.

B. En déduire la célérité de cette onde.



Exercice 7 :

Un haut-parleur (A) émet un « bip ». Une personne (B) est située à une distance d=5.0m derrière une personne (C), les deux personnes et le haut-parleur sont alignés. Voir figure.



Avec quel retard la personne C entend-elle le « bib » du haut-parleur ?

On rappelle la vitesse du son dans l'air : 343m.s^{-1}

Exercice 8 :

Complétez les cases du tableau avec les données manquantes :

	Onde 1	Onde 2	Onde 3	Onde 4
Fréquence	20 Hz	2.3 kHz	e	g
Période	a	c	60 ms	3 s
Célérité	343 m.s^{-1}	d	f	65 km.h^{-1}
Longueur d'onde	b	5 mm	3 cm	h

Exercice 9 :

Quelle est la vitesse d'une onde dont la longueur d'onde est 650 nm et dont la fréquence est 4,6×10^{14} Hz ?

Exercice 10 :

Quelle(s) est(sont) la(es) réponse(s) exacte(s) ?

A. Les ondes électromagnétiques ne sont visibles qu'avec des capteurs spécialisés
B. Les ondes électromagnétiques transportent de la matière et de l'énergie

C. Chaque onde électromagnétique est caractérisée par une vitesse
D. À chaque fréquence correspond une longueur d'onde
E. Autre réponse

Exercice 11 :

A. Une source émet une onde électromagnétique de fréquence f= 320 MHz et de célérité c= 160m.s^{-1}. Cette onde est-elle visible à l'œil nu ?

B Une onde électromagnétique ayant une célérité de c= 200m.s^{-1} et une période de T= 10^{-4}s est comprise dans l'ultraviolet. **VRAI/FAUX**

Correction des exercices

Exercices 1 : **Réponse attendue : 2**

- La lumière est une onde électromagnétique.
- Le déplacement d'un bobsleigh entraîne un transport de matière, il ne peut donc pas s'agir d'une onde mécanique.
- Enfin on a vu dans la partie précédente une vague est une onde transversale.

Exercice 2 : **Réponse attendue: 1**

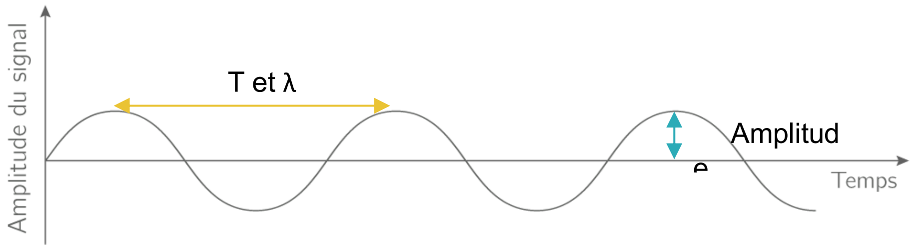
On rappelle la définition, une onde mécanique est une propagation d'énergie sans transport de matière dans un milieu.

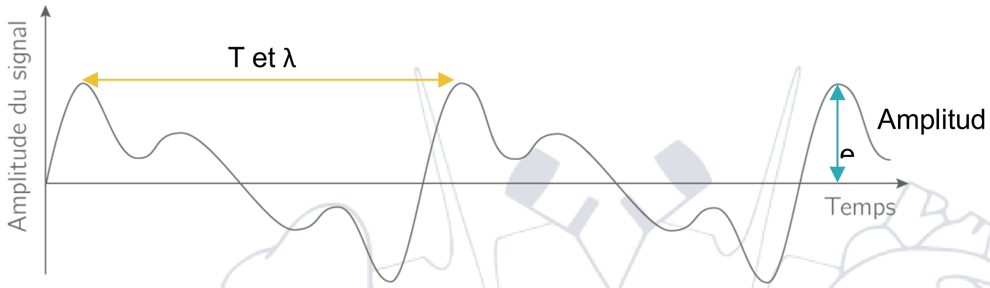
Exercice 3 :

1. **FAUX**. Elle se fait sans transport de matière mais avec transport d'énergie.
2. **VRAI**. Notion à savoir pour la suite. Par contre, les ondes mécaniques (vagues, son…) ne peuvent se propager **que** dans un milieu matériel (pas dans le vide).
3. **FAUX**. Elles se propagent de manière longitudinale, comme une sorte de ressort. Elles se propagent par compressions/dépressions des particules dans l'air.

Exercice 4 :

1. **FAUX.** Elle se mesure entre le pic et l'axe.
2. **VRAI.** Formule et définition à connaître.
3. **VRAI.**
4. **Réponse D** : $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{5}{0,5} = 10\ m.s^{-1}$.
5. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5.10^{-3}} = 200\ Hz$. ATTENTION aux unités : la période doit être convertie en **secondes** !
6. ***Voir schéma***. Calcul de la vitesse de propagation de l'onde : $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{40.10^{-2}}{25.10^{-3}} = 16\ m.s^{-1}$. Calcul de la fréquence de l'onde : $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{16}{40.10^{-2}} = 40\ Hz\ ou\ f = \frac{1}{T} = \frac{1}{25.10^{-3}} = 40\ Hz$





Exercice 5 : Réponse : $d = v \times \Delta t = 2 \times 3 = 6\,m$

Exercice 6 :

A. Période T = 20 s. On regarde sur le deuxième graphique le temps pour revenir à la position initiale.
longueur d'onde λ = 150 m. On regarde sur le premier graphique la distance pour revenir à la position initiale.
amplitude A = 50 cm. On regarde l'ordonnée des graphiques.

B. Comme λ = v × T alors v = $\frac{\lambda}{T} = \frac{150}{20}$ = 7.5 $m.s^{-1}$

Exercice 7 :

On va calculer la durée Δt nécessaire pour que l'onde sonore parcourt la distance d = 5.0 m qui sépare la personne b) et c). L'onde se déplace à une vitesse v = 343 m.s^{-1} . Par définition de la vitesse $v = \frac{d}{\Delta t}$ on isole la durée du parcours puis on calcule sa valeur $\Delta t = \tau = \frac{d_{BC}}{v} = \frac{5\,m}{343\,m.s^{-1}} = 1.46 \times 10^{-2}\,s$.

L'onde sonore arrive avec un décalage de 15 ms environ.

Exercice 8 :

- ☐ Calcul de a : $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{20\,Hz} = 0{,}05\,s$
- ☐ Calcul de b : $\lambda = v \times T = 343\,m.s^{-1} \times 0{,}05\,s = 17{,}15\,m$
- ☐ Calcul de c : $T = \frac{1}{2.3\,kHz} = 4{,}35 \times 10^{-4}$ s (Attention 1kHz=1000Hz)
- ☐ Calcul de d : Comme $\lambda = v \times T$, on a $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{5\times10^{-3}}{4{,}34\times10^{-4}}$ = 11,5 $m.s^{-1}$
- ☐ Calcul de e : $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{60\times10^{-3}} = 16{,}7\,Hz$
- ☐ Calcul de f : $\lambda = v \times T$, on a $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{3\times10^{-2}}{60\times10^{-3}} = 0{,}5\,m.s^{-1}$
- ☐ Calcul de g : $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3} = 0{,}33\,Hz$
- ☐ Calcul de h : $\lambda = v \times T = \frac{65000}{3600} \times 3 = 54{,}2\,m$. On fait bien attention ici de convertir la vitesse en m.s-1: $1km.h^{-1} = \frac{10^{-3}}{3600} m.s^{-1}$

Exercice 9 :
Pour calculer la vitesse on utilise la formule

$$v = f \times \lambda$$

$\Rightarrow v = 650 \times 10^{-9} \times 4{,}6 \times 10^{14} = 3 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$ = vitesse de la lumière dans le vide.

Exercice 10 :

Quelle(s) est(sont) la(es) réponse(s) exacte(s) ?

A. **FAUX**. Il existe des ondes visible (les lumières normales qu'on peut voir à l'œil nu)
B. **FAUX**. Elles ne transportent que de l'énergie
C. **FAUX**. Les ondes électromagnétiques sont caractérisées par la fréquence ou la longueur d'onde
D. **VRAI**.
E. **FAUX**

Exercice 11

1. Pour le savoir, on calcule sa longueur d'onde. On sait qu'elle est définie par la relation $\lambda = c \times T$. Or $T = \frac{1}{f}$ donc $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{160}{320\times10^{6}} = 5 \times 10^{7} m = 500nm$. Le domaine du visible est caractérisé par une longueur d'onde entre 400 et 800nm donc cette onde est bien visible à l'œil nu.

2. **FAUX** On a $\lambda = c \times T = 200 \times 10^{-4} = 0{,}02m = 2\ cm$ ce qui correspond à une longueur d'onde dans le micro-onde et non l'ultraviolet. Les ondes UV ont une longueur d'onde comprise entre 10 et 400 nm.

MODELE ONDULATOIRE ET PARTICULAIRE DE LA LUMIERE

Cours

Vidéo de cours : https://www.youtube.com/watch?v=N968DgSVLkg&ab_channel=SynchrotronSOLEIL

I. Modèle ondulatoire de la lumière

La lumière est caractérisée par une onde électromagnétique (cf. les caractéristiques de cette onde ci-dessus). Une onde électromagnétique est visible lorsqu'elle se situe entre 400 et 800 nm.

II. Modèle particulaire de la lumière

1. Le rayonnement du corps noir

Afin de modéliser les interactions entre la matière et le rayonnement en coïncidence avec l'observation d'un corps noir, Planck suppose que l'énergie est émise par paquets d'énergie :

$$\boxed{E = h\nu}$$

Avec : E : l'énergie (en J)
h : constante de Planck ($h = 6{,}63.10^{-34} J.s$)
ν : la fréquence (en Hz)

Le **photon** est une particule de **masse et de charge électrique nulle** se déplaçant dans le vide, à la **vitesse de la lumière.**

2. L'effet photoélectrique

L'effet photoélectrique : il s'agit de l'émission d'un courant électronique par un métal en présence de lumière. La vitesse des électrons arrachés ne dépend pas du flux lumineux mais uniquement de la longueur d'onde.

Les observations de cet effet entrent en conflit avec la théorie ondulatoire de la lumière de l'époque car on constate que :

- l'énergie cinétique n'augmente pas avec l'intensité du faisceau incident
- il existe un fréquence de coupure en dessus de laquelle l'd'effet photoélectrique ne se produit pas
- il n'y a aucun délais

Hypothèse d'Einstein : l'énergie d'un faisceau lumineux se déplace en paquets concentrés (= photons) d'énergie : La lumière se déplace sous forme de particules. Son énergie est

$$\boxed{E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}}$$

3. Le diagramme d'énergie d'un atome

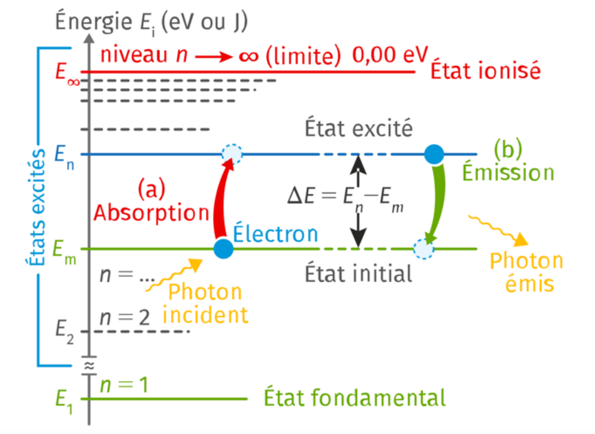


Diagramme d'énergie d'un atome
Source de l'image : © lelivrescolaire.fr

On utilise un diagramme d'énergie pour représenter les différents niveaux d'énergie intrinsèque à l'atome.

$n = 1$: état fondamental, énergie de liaison négative (<0)

$n > 1$: état excité, /E/ < E état fondamental

$n \to \infty$: état ionisé, électron arraché de l'atome, E=0 et r=∞

D'après Niels Bohr, l'atome n'est stable que pour certaines valeurs d'énergie discrète bien définies.

Lors d'une transition entre deux niveaux d'énergie notés $E_n$et E_m:

- L'énergie d'un atome augmente ou diminue, respectivement en absorbant ou en émettant un photon.
- L'énergie échangée $|\triangle E|$ (absorbée/émise) par l'atome possède exactement une valeur égale à la différence des niveaux d'énergie $|\triangle E_{atome}| = |E_n - E_m|$
- La variation d'énergie de l'atome est égale à l'énergie d'un photon

Exercices

Donné : $1eV = 1{,}60 \times 10^{-19}J$

$h = 6{,}63.10^{-34}J.s$

1. Un photon émis par une source lumineuse a une énergie $|\Delta E| = 2{,}2\ eV$
   A. Exprimer cette énergie en Joule.
   B. En déduire la fréquence ν et la longueur d'onde dans le vide λ du rayonnement associé.
   C. Vérifier que ce rayonnement appartient au domaine des ondes lumineuses.

2. Un atome de potassium possède un niveau d'énergie E1= -4,34 eV et E2= -2,73 eV
   A. Calculer $|\Delta E|$ entre E1 et E2 en eV puis en J.
   B. Quelle est la longueur d'onde λ de ce photon
   C. Si on considère que le potassium passe d'un niveau E1 à un niveau E2 s'agit-il d'une absorption ou d'une émission ?
   D. Représenter le diagramme d'énergie pour l'atome de potassium ainsi que la transition de la question C

3. Un photon a une énergie $E = 3{,}49 * 10^{-19}$ J
   A. Déterminer son énergie en eV
   B. Si on reprend le diagramme d'énergie du potassium de l'exercice précédent la transition entre le niveau E1 et E2 est-elle possible ? Pourquoi ?
   C. Quelle est la longueur d'onde de ce photon ? Est-ce dans le domaine du visible ?

Correction des exercices

1.A. Pour obtenir la valeur de l'énergie en Joule, il suffit de faire une conversion :

$$1eV \rightarrow 1{,}6.10^{-19}J$$
$$2{,}2\ eV \rightarrow x$$

Donc, on va chercher à calculer x :

$$x = 1{,}6.10^{-19} \times 2{,}2 \approx 3{,}52.10^{-19}\ J$$

L'énergie du photon vaut environ $3{,}52.10^{-19}\ J$.

B. D'après la relation de Planck, on a : $E = h\nu \Leftrightarrow \nu = \frac{E}{h}$

Application numérique :

$$\nu = \frac{3{,}52 \times 10^{-19}}{6{,}63 \times 10^{-34}} = 5{,}31 \times 10^{14}\ Hz$$

La fréquence associée au photon vaut : $\nu = 5{,}31 \times 10^{14}\ Hz$

De plus, on sait que : $\lambda = \frac{c}{\nu}$, ainsi :

Application numérique :

$$\lambda = \frac{3 \times 10^{8}}{5{,}31 \times 10^{14}} = 5{,}65 \times 10^{-7}\ m$$

La longueur d'onde du rayonnement associé au photon vaut $\lambda = 5{,}65 \times 10^{-7}\ m$ ou $\lambda = 565\ nm$

C. Le domaine du visible se situe entre 400 nm et 800 nm. Or, notre rayonnement a une longueur d'onde de 656 nm. On peut donc affirmer qu'il appartient au domaine du **visible**.

2.A. On a $|\Delta E| = |E1 - E2| = |-4{,}34 + 2{,}73| = 1{,}61\ eV$

De plus on sait que $1eV = 1{,}60 \times 10^{-19}J$. Pour calculer cette valeur, on peut réutiliser la technique utilisée dans l'exercice précédent en faisant une conversion ou alors utiliser un produit en croix.

On obtiendra donc que $|\Delta E|$=$2{,}58 \times 10^{-19}J$

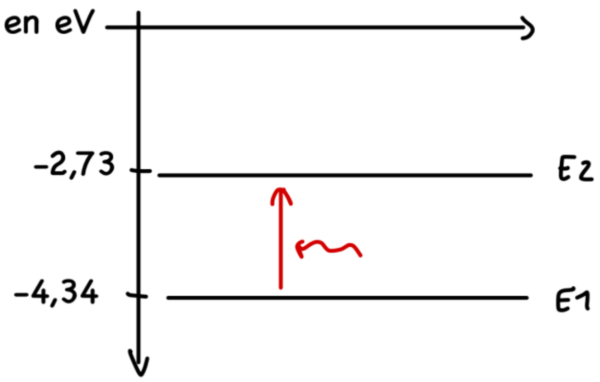
B. Pour calculer la longueur d'onde de ce photon, on va utiliser la formule : $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = \frac{hc}{E}$

Application numérique : $\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6{,}63.10^{-34} \times 3{,}00.10^{8}}{2{,}58 \times 10^{-19}} = 771\ nm$

La longueur d'onde de ce photon est de 771 nm

D. On passe d'un état d'énergie E1 à un état E2, on a donc un gain d'énergie. Il s'agit donc d'une absorption.

D.



3.A On a une énergie E égale à $3{,}49 * 10^{-19}$J.

On a $1eV = 1{,}60 \times 10^{-19}J$. Pour calculer cette valeur, on peut réutiliser la technique utilisée dans l'exercice précédent en faisant une conversion ou alors utiliser un produit en croix.

On obtiendra donc une énergie E= 2,18eV

B. Dans l'exercice précédent, on a $|\Delta E| = 1{,}61\ eV$ or la valeur de l'énergie de ce photon est différente de $|\Delta E|$. Ainsi aucune transition ne serait possible entre E1 et E2 avec ce photon.

C. Pour calculer la longueur d'onde de ce photon, on va utiliser la formule : $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = \frac{hc}{E}$

Application numérique : $\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6{,}63.10^{-34} \times 3{,}00.10^{8}}{3{,}49 * 10^{-19}} = 570\ nm$

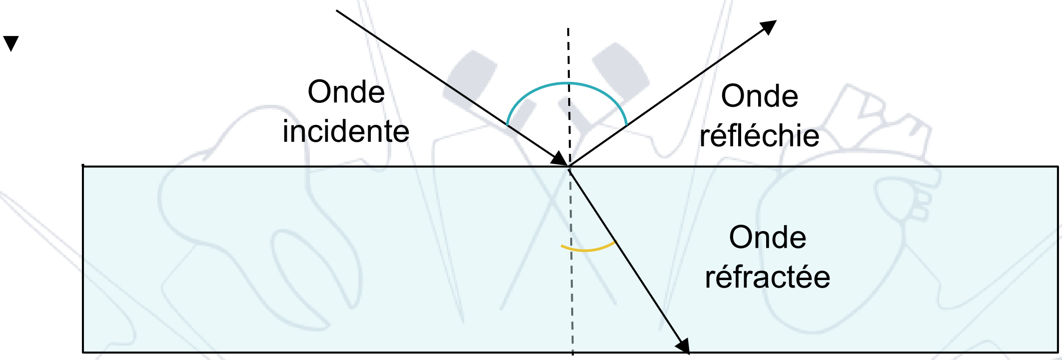
On a donc un photon qui a une longueur d'onde de 570 nm qui sera donc dans le domaine du visible comme il se situe bien entre 400 et 800 nm.

OPTIQUE GÉOMETRIQUE

Cours et exercices

I. Introduction

Une onde envoyée sur une surface plane sera réfléchie (réflexion) et réfractée (réfraction). Ces phénomènes se produisent car l'onde n'aura pas la même vitesse d'un milieu à l'autre.



Sur le schéma ci-dessus, on voit que l'onde réfléchie se trouvera dans le même milieu que l'onde incidente, elles formeront des angles égaux (θ_1) par rapport à la normale : phénomène de <u>réflexion</u>. En revanche, l'onde réfractée se trouvera dans le milieu sous-jacent et formera un autre angle (θ_2) par rapport à la normale : phénomène de <u>réfraction</u>.

La flèche et le « + » dans le cadre rouge indique le sens de propagation de la lumière. Nous vous conseillons de toujours réaliser un schéma, même succinct, pour bien repérer les éléments.

Dans ce cas de figure, l'onde se heurte à une surface plane délimitant deux milieux qui possèdent des indices de réfractions (n) différents, cette surface plane répond donc à la définition d'un dioptre plan.

<u>Remarque</u> : L'indice de réfraction se note n

II. Réflexion et réfraction

1. Réfraction et loi de Snell-Descartes : https://youtu.be/v451m7jM7-M

Cette vidéo explicite la démonstration nous permettant de trouver la relation de Snell-Descartes

Ce qu'il faut retenir :

La relation de Snell-Descartes exprime les liens entre les indices de réfraction des deux milieux, l'angle incident et l'angle de réfraction, par la formule :

$$n_i.\sin\ i\ = n_r.\sin\ r$$

« **i** » désignant le milieu **i**ncident et « **r** » le milieu où l'onde est **r**éfractée.

2. Réflexion totale (cas particulier)

Nous te conseillons de suivre attentivement l'exercice proposé dans la vidéo ci-dessous : https://youtu.be/syJzTOBWLzc

Ce qu'il faut retenir :

La réflexion totale est un cas particulier de la relation de Snell-Descartes. i_{max} peut se calculer de la façon suivante :

$$\boxed{\sin \sin i_{max} = \frac{n_r}{n_i}}$$

Il est important de comprendre que si l'angle incident est i_{max} « tout pile », le rayon réfracté sera parallèle à la surface séparant les deux milieux, au-delà de i_{max}, le rayon réfracté n'existera plus c'est donc un phénomène de <u>réflexion totale</u> que l'on observe.

III. Miroirs

1. Miroir concave et image réelle

Cette première vidéo pose les bases concernant les miroirs dits concaves : https://youtu.be/VqqwAXIQof8

Ce qu'il faut retenir :

Un rayon incident parallèle à l'axe optique sera réfléchi et passera par le foyer objet **F**.
Un rayon incident passant par le centre de courbure sera réfléchi **sans être dévié**.
L'image d'un objet placé avant le foyer d'un miroir concave sera une image **réelle** et **renversée**.

2. Miroir concave et position de l'objet

Plusieurs cas particuliers sont vus dans cette vidéo : https://youtu.be/LTkeFdSBtiU

Ce qu'il faut retenir :

Il est important de toujours tracer le rayon incident parallèle à l'axe optique et le rayon passant par le foyer.

Remarque : On pourrait lister les exemples de la vidéo, mais il serait trop lourd pour toi d'apprendre cela par cœur. En t'entrainant à résoudre des exercices et en reproduisant les exemples donnés dans les vidéos, tu assimileras progressivement sans difficulté la construction aboutissant à la conclusion.

3. Miroir convexe

La vidéo explicite les détails sur un miroir convexe : https://youtu.be/h4ihEDaTyuM

Ce qu'il faut retenir :

Pour le miroir convexe, rien ne change quant au trajet des rayons, les rayons incidents parallèles à l'axe optique se réfléchiront en passant par le foyer etc… Le seul paramètre qui change est la courbure du miroir.

4. Pour aller plus loin…

Dans le cas de l'étude d'un miroir, qu'il soit convexe ou concave, la relation de Descartes établit des liens entre différentes distances. En voici la formule :

$$\boxed{\frac{1}{\overline{Fv}} = \frac{2}{\overline{Cv}} = \frac{1}{\overline{Ov}} + \frac{1}{\overline{Iv}}}$$

Avec :

- **C** le centre de courbure du miroir

- **F** le foyer objet
- **v** le ventre de notre miroir

Ces trois points sont placés sur l'axe optique comme sur le schéma suivant.

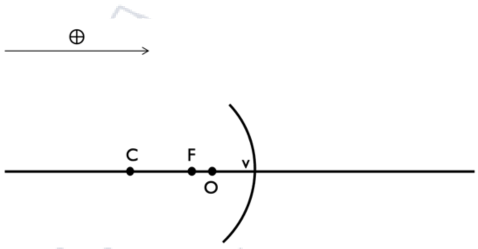
On peut également déterminer le grandissement d'une image par rapport à un objet, voici la formule du grandissement noté γ (sans unité) :

$$\boxed{\gamma = \frac{\overline{II'}}{\overline{OO'}} = -\frac{\overline{vI}}{\overline{vO}}}$$

Avec : $\overline{II'}$: la taille de l'image
$\overline{OO'}$: la taille de l'objet

ATTENTION : Il faut bien penser à vérifier le sens de propagation de la lumière pour ne pas oublier un « - ».

Un schéma tout simple suffit souvent !



IV. Lentilles

1. Lentille convergente

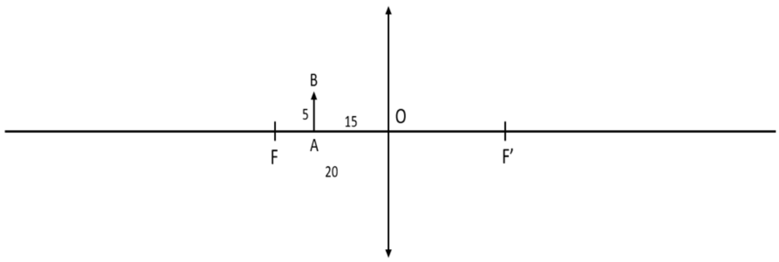
Cette première vidéo introduit la lentille convergente ou convexe, avec notamment le trajet des différents faisceaux lumineux : https://youtu.be/4hDv3YUbea8

Ce qu'il faut retenir :

Les mêmes règles de construction que pour les miroirs sont appliquées ici, mais il faut ajouter une dernière règle : un rayon incident parallèle à l'axe optique passe par le foyer image **F'**.

Une lentille convergente possèdera toujours une distance focale image $\overline{OF'} > 0$.

Ici un exemple d'exercice incluant une lentille convergente, en rouge, la distance focale image positive :

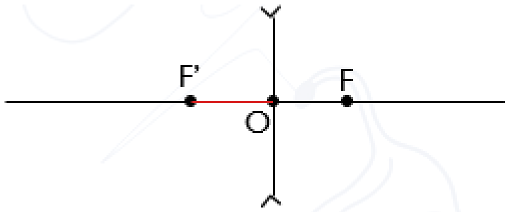


2. Lentille divergente

On te propose ici une rapide présentation des lentilles divergentes ou concaves : https://youtu.be/uft9bSGbKeY

Ce qu'il faut retenir :

Les règles de construction ne changent pas.
Une lentille divergente possèdera toujours une distance focale image négative $\overline{OF'} < 0$:



Remarque : Pour représenter une lentille divergente, on utilise des pointes de flèches renversées.
Ici, la distance focale image est en rouge.

3. Pour aller plus loin : quelques exemples de pathologies de la vision

- Le **glaucome** : pathologie dégénérative se traduisant par une augmentation de la pression intraoculaire dû à une augmentation de sécrétion de l'humeur aqueuse. La pression induit la compression du nerf optique ce qui se traduit par une cécité progressive.

⇨ Traitement : Administration de béta-bloquants par voie oculaire.

- La **cataracte** : pathologie rendant le cristallin trouble, opaque, gênant ainsi la vision.

⇨ Traitement : Remplacement du cristallin par un objet transparent.

- La **myopie** : excès de puissance de l'œil, les rayons lumineux convergent trop et l'image se forme en avant de la rétine.

⇨ Traitement : Correction par des lentilles divergentes pour faire converger les rayons sur la rétine.

- **L'hypermétropie** : défaut de puissance de l'œil, les rayons divergent trop et l'image se forme en arrière de la rétine.

⇨ Traitement : Correction par des lentilles convergentes pour que l'image se forme bien sur la rétine.

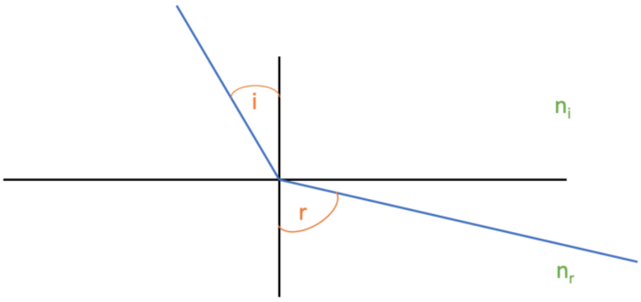
- La **presbytie** : diminution physiologique (avec l'âge) de l'amplitude d'accommodation et donc de la plasticité du cristallin. La pathologie entraîne un éloignement du ponctum proximum (PP) et donc une difficulté à la lecture de près.

⇨ Traitement : Correction par des verres convergents.

Exercices

, **, * : niveau de difficulté*

Exercice 1 * :



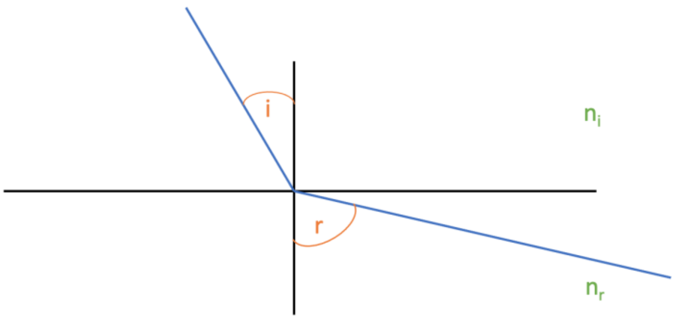
D'après le schéma ci-dessus et en appliquant la loi de Snell-Descartes, quelles sont les réponses justes ?

a) $i < r$
b) $i > r$
c) $n_i < n_r$
d) $n_i > n_r$

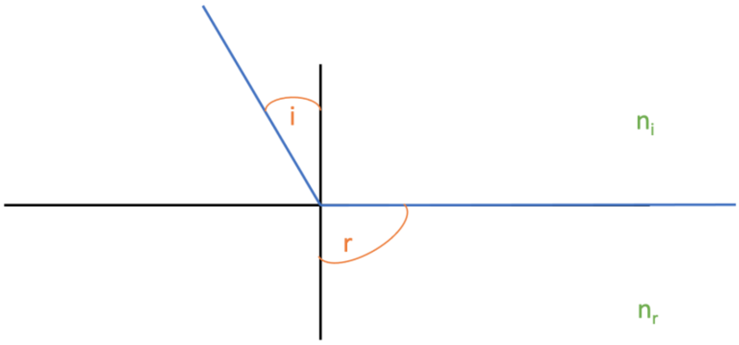
Exercice 2 ** :
Un pêcheur en bateau sur un lac observe un poisson dans l'eau. Il décide de l'éblouir à l'aide d'un laser de 671 nm. Le faisceau du laser forme un angle de 45° avec la normale et les indices de réfractions de l'air et de l'eau sont respectivement de 1,05 et 1,33. Déduisez l'angle (en degré) formé entre le faisceau réfracté et la normale.

Autres exercices : Pour t'entraîner sur la relation de Snell-Descartes, nous te proposons de faire les exercices proposés dans ces vidéos : https://youtu.be/jtj-4-4F8yM et https://youtu.be/zU0owt3gT3k

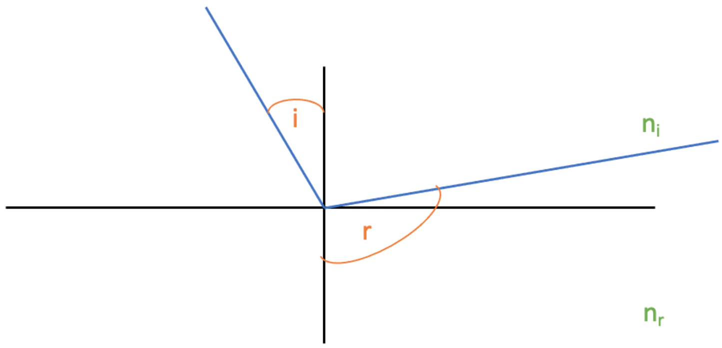
Exercice 3 * :
Parmi les schémas suivants, le(s)quel(s) représente(nt) une réflexion totale ?



a)



b)



c)

Exercice 4 * :
Soit un objet de taille inconnu placé après le foyer objet d'un miroir concave, de rayon de courbure 30cm et donc de distance focale 15cm. Quelle est la nature et le sens de l'image de cet objet ?

Exercice 5 * :
Tracez les 3 rayons pour déterminer l'image d'un objet placé avant le foyer objet d'un miroir concave.

Exercice 6 * : Vrai ou faux ?
1) Un miroir plan possède un rayon de courbure nul.
2) Un objet placé sur le foyer d'un miroir concave aura une image virtuelle infinie.
3) Un rayon incident passant par le centre de courbure n'est pas dévié.

Exercice 7 * :**
Déterminez l'image d'un objet placé avant le foyer objet d'une lentille divergente. Donnez les caractéristiques de cette image.

Correction des exercices

Exercice 1 :

a) **VRAI**. On peut voir très facilement sur le schéma que l'angle r est plus grand que l'angle i.

b) **FAUX**.

c) **FAUX**. D'après la loi de Snell-Descartes, n_i * sin(i) = n_r * sin(r). On sait déjà que r > i, donc on en déduit que sin(r) > sin(i). Par conséquent et pour conserver l'égalité de l'équation, on en conclut que $n_i > n_r$.

d) **VRAI**.

Exercice 2 :

On cherche à déterminer l'angle réfracté r, on utilise donc la formule de Snell-Descartes : $n_i.sin\, sin\, i\ = n_r.\ sin\, sin\, r$.

On isole $sin\, sin\, r$:

$$sin\, sin\, r\ = \frac{n_i.sin\ \ i}{n_r}$$

On réalise l'application numérique et on trouve : $arc(r) \approx 34°$

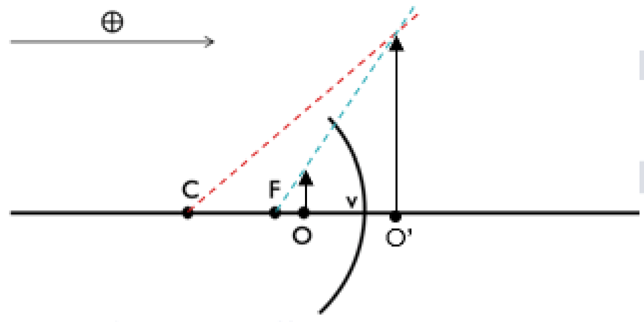
Exercice 3 :

a) **NON**. On a vu précédemment que pour qu'une réflexion soit totale, il faut que l'angle de réfraction r soit supérieur à l'angle critique, à savoir 90°. Ici, on voit bien que r>90°.

b) **VRAI**. Ici nous sommes dans le cas ou r = 90°, c'est donc une réflexion totale.

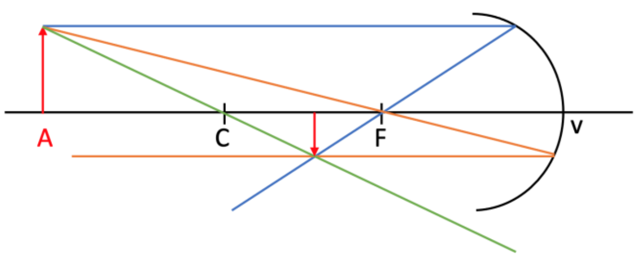
c) **VRAI**. Ici nous sommes dans le cas ou r > 90°, on peut parler de réflexion totale interne.

Exercice 4 :



D'après le schéma ci-contre, on observe que l'image est virtuelle et droite.

Exercice 5 :



En bleu : rayon incident parallèle à l'axe optique, réfléchi par le miroir et passant par le foyer objet F.

En orange : rayon incident passant par le foyer objet F, réfléchi par le miroir et parallèle à l'axe optique.

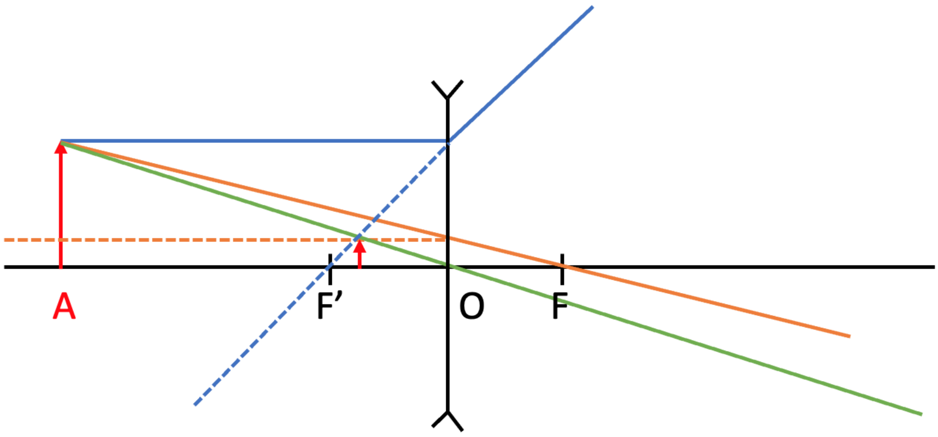
En vert : rayon incident passant par le centre de courbure, réfléchi sans être dévié.

En réalité, 2 rayons suffisent pour déterminer l'image d'un objet, le 3e permet de vérifier la précision de nos tracés. Ici, notre image est réelle et renversée.

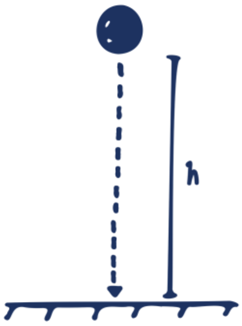
Exercice 6 :

1) **FAUX**. Le rayon de courbure C d'un miroir plan se situe à l'infini, par conséquent on aura des distances entre image et objet qui seront égales soit $\underline{Ov} = \underline{vI}$.
2) **VRAI**. C'est une particularité, trace le schéma pour en être persuadé
3) **VRAI**. Une propriété à connaître

Exercice 7 :



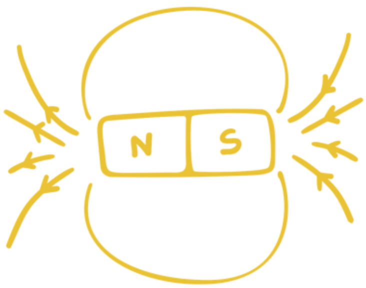
En bleu : rayon incident parallèle à l'axe optique, réfléchi par la lentille divergente, passant par le foyer image F'.
En orange : rayon incident passant par le foyer image F, réfléchi par la lentille et parallèle à l'axe optique.
En vert : rayon incident passant par le centre O.
Dans notre cas, l'image est réelle et à l'endroit.



Physique

REMISE À NIVEAU

TERMINALE



ANALYSE PHYSIQUE D'UN SYSTÈME CHIMIQUE

Cours

I. Conductimétrie

1. Conductance

Une portion de solution ionique va prendre le rôle d'un conducteur ohmique quand elle est placée entre deux plaques. Nous cherchons à savoir quelle est la « force » de ce conducteur et pour se faire, nous cherchons à calculer sa résistance grâce à la loi d'Ohm :

$$U = R \times$$

Avec :	• U : la tension (en Volt) • I : l'intensité (en Ampère) • R : la résistance (en Ohm)

La résistance, c'est la capacité physique d'un matériau (ici une portion de solution) à s'opposer au passage d'un courant électrique sous une certaine tension.

Pour un système chimique, on utilisera plutôt la conductance que la résistance, la conductance G (en siemens) étant l'inverse de la résistance R :

$$G = \frac{1}{R}$$

La conductance (à l'inverse de la résistance) désigne la facilité qu'a une solution à laisser passer le courant.

Cela va dépendre de la géométrie de la cellule. Par exemple, si les plaques sont plus proches, la conductance sera plus grande, le courant passera plus facilement.

2. Conductivité

La conductivité mesure la capacité d'une solution à laisser passer le courant. C'est une grandeur physique propre du matériau qui ne dépend pas de la géométrie :

$$\boxed{\sigma = G \times \frac{l}{S}}$$

Avec :	• σ : la conductivité (en $S.m^{-1}$) • G : la conductance (en S) • l : la distance entre les plaques (en m) • S : la surface des plaques (en m²)

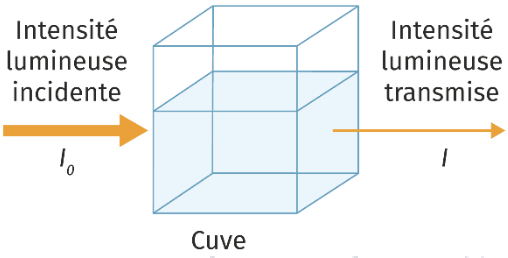
3. Loi de Kohlrausch

La loi de Kohlrausch permet de déterminer la concentration de la solution lorsque l'on connaît les valeurs des conductivités molaires ioniques :

$$\boxed{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i \times [X_i]}$$

Avec :	• λ la conductivité molaire ionique de chaque ion en $S.m^2.mol^{-1}$ • X la concentration de l'ion en $mol.m^{-3}$

I. Spectroscopie



Source de l'image : © Lelivrescolaire

La spectroscopie est l'analyse de la fréquence des ondes observées, elle permet d'obtenir des informations sur la structure de la matière. C'est une technique basée sur l'absorption de certains rayonnements par la substance à analyser.

1. L'absorbance (Loi de Beer-Lambert) : https://youtu.be/AAKWNwdFWXU

L'absorbance est la capacité d'une solution a absorbé la lumière qui la traverse. L'absorption de la lumière est une perte d'énergie du photon. L'absorbance dépend de la nature de la solution, de la longueur d'onde, de l'épaisseur de solution traversée par la lumière, de la température et de la concentration de la solution.

Elle est caractérisée par la loi de Beer-Lambert, notée :

A=log I0It
=ε.C.l

Avec : I_0 : L'intensité initiale
I_t : L'intensité après avoir traversé la solution
C : la concentration molaire en
l : épaisseur de solution traversé (trajet optique)
ε : coefficient d'absorption molaire

Sachant que ε dépend de la longueur d'onde (notée λ), de la température et de la nature du solvant.

2. La transmittance

La transmittance est un rapport d'intensité, elle s'exprime donc en pourcentage (%).

T=ItI0

En réunissant nos deux formules, on a :

A=.C.l=I0It

⇔ - ε.C.l=log I0It

⇔ 10- ε.C.l=I0It

It=I0.10- ε.C.l

3. Nombre d'onde

Le nombre d'onde est l'inverse de la longueur d'onde, il s'exprime en cm^{-1} :

$$\boxed{\acute{\upsilon} = \frac{1}{\lambda}}$$

4. UV-visible

La spectroscopie UV-visible permet d'identifier des espèces. L'énergie du photon absorbé est gagnée par les électrons. On détermine pour chaque radiation lumineuse, l'absorbance de la solution avec un spectrophotomètre. On obtient ainsi un spectre d'absorption avec l'absorbance A en fonction de la longueur d'onde λ. Ce spectre d'absorption est caractéristique de la solution et permet donc d'identifier les espèces qui la composent.

5. Infrarouge

L'énergie absorbée fait vibrer les atomes de la molécule autour des liaisons covalentes. Cela nous apporte des informations sur les liaisons qui composent la molécule et nous permet de déterminer les groupes caractéristiques qui la composent. On obtient alors un spectre IR avec la transmittance en fonction du nombre d'onde.

Exercices

Exercice 1 :

1. L'absorbance est additive dans une solution
2. Le coefficient d'extinction dépend de la longueur d'onde de la lumière incidente
3. L'intensité transmise (I_t) est forcément inférieure à l'intensité (I_0)
4. L'absorbance varie linéairement avec la concentration molaire C.
5. La loi de Beer-Lambert est utilisée en spectroscopie.

Exercice 2 :

On dispose d'une solution permanganate de potassium, de concentration égale à 4 $mmol.L^{-1}$

.

On procède à un dosage par étalonnage à la longueur d'onde $\sigma = 540\ nm$.

Avec une cuve de longueur $l = 15mm$ et un coefficient d'absorption molaire (pour le permanganate de potassium à 540nm) de $\varepsilon_{540\ nm} = 2{,}2.10^3\ L.mol^{-1}.cm^{-1}$.

Déterminer l'absorbance de cette solution.

Exercice 3 :

Calculer la conductivité d'une solution de chlorure de sodium de concentration c=1,0 mol/L.

Exercice 4 :

Quelle est la conductance d'une solution de chlorure de sodium si $\frac{S}{l} = 1{,}000S.cm$? (Conductivité de l'exercice 3)

Exercice 5 :

Déterminer la conductivité d'une solution aqueuse de chlorure de potassium de concentration $c = 1 \times 10^{-1}\ mol.L^{-1}$.

Exercice 6 :

Quelle est la longueur d'onde si le nombre d'onde est égal 3000 cm^{-1} ?

Correction des exercices

Exercice 1 :

1. **VRAI**
2. **VRAI** : coefficient d'extinction ⟺ coefficient d'absorption molaire
3. **FAUX** : $I_0 = I_t$ en cas d'absorbance nulle (solution transparente)
4. **VRAI** : $A = \varepsilon.C.l$, donc A est proportionnelle à C.
5. **VRAI** : la loi de Beer-Lambert relie A avec la concentration en soluté de la solution et avec la nature chimique des entités de la solution.

Exercice 2 :

On rappelle que $A = \varepsilon.C.l$, il suffit alors d'appliquer la formule avec les données de l'énoncé.

Attention : l'énoncé nous donne une longueur de cuve en millimètre et un coefficient d'absorption molaire en $L.mol^{-1}.cm^{-1}$!!!

D'où $A = 2{,}2 \times 10^3 \times 4.10^{-3} \times 1{,}5 = 13{,}2$

L'absorbance de la solution est donc **13,2** (sans unité).

Exercice 3 :

D'après la loi de Kohlrausch : $\sigma = \lambda_{Na+} \times [Na^+] + \lambda_{Cl-} \times [Cl^-]$

Or, d'après l'équation de dissolution : $NaCl_{(g)} = Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$, on a $[Na^+] = [Cl^-] = 1\ c$

Donc $\sigma = (\lambda_{Na+} + \lambda_{Cl-}) \times c$

Comme $\lambda_{Na+} = 5{,}01\ S.m^3.mol^{-1}$ et $\lambda_{Cl-} = 7{,}63\ S.m^3.mol^{-1}$, on obtient :

$$\sigma = 12{,}64\ S.m^3.mol^{-1} \times 1000\ mol.m^{-3}$$
$$\sigma = 1{,}264 \times 10^4 S.m^{-1}$$

Exercice 4 :

$$G = \frac{S}{l} \times \sigma$$
$$G = 1{,}000 \times 10^{-2} \times 1{,}264 \times 10^4 S.m^{-1}$$
$$G = 1{,}264 \times 10^2 S$$

Exercice 5 :

L'équation de dissolution est : $KCl \rightarrow K^+ + Cl^-$, ainsi $[K^+] = [Cl^-] = c = 1 \times 10^{-1}\ mol.L^{-1}$

On peut exprimer la conductivité selon la loi de Kohlrausch :

$$\sigma = c \times (\lambda_{K+} + \lambda_{Cl-})$$
$$\sigma = 1 \times 10^{-1} \times (7{,}348 + 7{,}631) = 1{,}4979\ S.m^{-1}$$

Exercice 6 :

$$\sigma = \frac{1}{\lambda}$$
$$\lambda = \frac{1}{\sigma} = \frac{1 \times 10^{-2}}{3000} = 3{,}3 \times 10^{-6} m = 3333\ nm$$

La longueur d'onde serait de 3333 nm.

DESCRIPTION DU MOUVEMENT

Cours

I. Introduction à la cinématique (= description du mouvement)

Vidéo : https://www.youtube.com/watch?v=hLpM7z5QdJo&list=PLyyMJPO8QIkleUqvKSFyIp0JQfqB3MhcO

II. Cinématique

1. Première Loi de Newton ou Principe d'inertie

Vidéo :
https://www.youtube.com/watch?v=9kPA4DpssbY&list=PLyyMJPO8QIkleUqvKSFyIp0JQfqB3MhcO&index=3

L'énoncé original de la première loi de newton est le suivant :

"Tout corps persévère dans **l'état de repos** ou de **mouvement uniforme en ligne droite** dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état."

Bien que Newton, n'ayant pas précisé dans son ouvrage que cette loi n'est valable que dans le référentiel galiléen. La première loi de Newton peut donc être reformulée dans un langage plus moderne :

"Dans un référentiel galiléen, le vecteur vitesse du centre d'inertie d'un système est constant si et seulement si la somme des vecteurs forces qui s'exercent sur le système est un vecteur nul."

Pour reformuler l'énoncé original, nous pouvons dire : "Tout objet va continuer dans son état de repos ou de mouvement rectiligne et uniforme, c'est-à-dire dans son mouvement avec un vecteur vitesse constante, à moins qu'il existe une force non-compensée, c'est-à-dire une résultante des forces non-nulle, qui s'applique sur cet objet et ne l'oblige / ne le contraigne à changer d'état".

a. État de repos

L'état de repos est caractérisé par **l'absence de mouvement** d'un corps.

- **Exemple 1** :

Imaginons un terrain avec de l'herbe, posé sur cette herbe un rocher. Ce rocher est au repos. Intuitivement, on comprend bien qu'en appliquant aucune force spécifique sur ce rocher, le rocher va rester dans son état de repos, il ne va pas se mettre en mouvement, il ne va être accéléré.

- **Exemple 2** :

Imaginons maintenant la surface d'un lac gelé sur laquelle est disposé un bloc de glace. Si je n'applique aucune force et que la surface de la glace est parfaitement plate, le bloc va rester dans son état de repos comme vu précédemment.

Cependant, si j'applique une force en poussant sur le bloc d'un côté et qu'une autre personne pousse sur le bloc dans la même direction, avec la même intensité mais dans le sens opposé, alors à ce moment-là, les forces se compensent, c'est-à-dire que leur somme vectorielle est nulle et auquel cas, le bloc va rester dans son état de repos parce que la situation est équivalente à celle où aucune force n'est appliquée.

Cela se traduit par l'équation suivante :

$$\boxed{\sum \vec{F} = \vec{0}}$$

b. Mouvement uniforme en ligne droite

Un mouvement rectiligne uniforme se traduit par un vecteur vitesse constant en **direction**, **sens** et en **norme**. Le corps se déplace toujours de la même manière, sans accélération :

$$\boxed{\vec{v} = \overrightarrow{constante}}$$

c. Changement d'état

Le changement d'état s'oppose à l'état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme.

- **Exemple 3** :

Pensons à une balle de tennis, nous l'envoyons dans les airs, au bout d'un moment elle arrête son ascension.

C'est ce que nous observons au quotidien, puisqu'aucun objet sur terre ne continue dans son mouvement indéfiniment.

Revenons sur l'exemple 2 : Le bloc de glace, si nous lui donnons une impulsion avec une certaine force de départ et que nous imaginons que le lac gelé est très grand, le bloc va quand même finir par s'arrêter avant d'atteindre le bout du lac. Il n'atteint pas le bout du lac puisqu'il existe, malgré tout, un frottement entre le bloc et la surface de la glace qui exprime une force s'opposant au mouvement de progression et ce frottement va finir par arrêter cette progression puisqu'il n'est pas compensé.

La question qui se pose maintenant est : d'où vient cette force de frottement du bloc de glace sur la surface de la glace ?

Cette force de frottement provient de la surface microscopique des deux corps. C'est-à-dire, sur la surface de contact, à l'échelle microscopique, présente des rugosités, des aspérités qui forment ce frottement. Et si on zoom jusqu'à l'échelle atomique, on va se rendre compte qu'il existe certains principes d'exclusion physique qui font qu'on ne peut pas "cogner un atome contre un autre".

Donc tout cela contribue à créer cette force, cette résultante microscopique qu'on appelle "**force de frottement**".

L'air va également jouer un rôle dans le frottement.

Revenons sur l'exemple 3 : Le frottement de l'air va ralentir l'ascension de la balle de tennis jusqu'à la stopper en un point...

d. Résumé énoncé original

La première loi de Newton nous dit qu'on ne peut pas distinguer l'état de repos ou l'état de mouvement rectiligne et uniforme (état avec une vitesse constante). Notre corps n'est sensible qu'à l'accélération.

e. Énoncé moderne, notion de référentiel galiléen

Rappel : "Dans un **référentiel galiléen**, le vecteur vitesse du centre d'inertie d'un système est constant si et seulement si la somme des vecteurs forces qui s'exercent sur le système est un vecteur nul."

☐ **Référentiel galiléen** : un référentiel est galiléen si la première loi de Newton est vérifiée dans ce référentiel. Il existe cependant, une classe de référentiels dit "galiléen", dans lesquels tout point matériel est soit isolé, soit au repos, soit rectiligne et uniforme.

f. À retenir

$$\boxed{\sum \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v} = \overrightarrow{constante}}$$

2. Deuxième Loi de Newton ou Principe fondamental de la dynamique

Vidéo de cours :
https://www.youtube.com/watch?v=oj6RYyIFoes&list=PLyyMJPO8QIkleUqvKSFyIp0JQfqB3MhcO&index=4

On se pose désormais la question : Comment une somme des forces non-nulle modifie le mouvement d'un objet ?

La réponse à cette question correspond au **principe fondamental de la dynamique** ou deuxième loi de Newton. Elle nous dit que la somme des forces d'un système est égale à sa masse (m) multiplié par son accélération (a) :

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

Cette loi se traduit par une égalité vectorielle, avec d'un côté la somme des forces (F) et de l'autre un scalaire (nombre) qui correspond à la masse (m) multiplié par l'accélération (a).

Exemple 4 :

Un bloc flottant dans le vide, sur lequel on applique une certaine force unique (une seule force) ou résultante (somme des forces), de cette force résulte une accélération.

La deuxième loi de Newton nous dit qu'il existe une proportionnalité entre la force induite et l'accélération. Le coefficient de proportionnalité étant 1/m, avec la masse (m) de notre objet.

Donc l'accélération peut être retrouvé en divisant la force par la masse :

$$\boxed{\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m}}$$

Bien-sûr, il ne faut pas confondre la masse et le poids :

- **Le poids (P)** = masse (m) multiplié par l'intensité de la pesanteur sur Terre (g)

$$\vec{P} = m \times \vec{g}$$

- **La masse (m)** = mesure de quantité de matière, il s'agit d'une propriété intrinsèque de l'objet, elle est la même sur Terre et sur la Lune.

Attention, le poids est une force à la différence de la masse.

<u>Exercice</u>

Nous avons à notre disposition, selon un axe Ox horizontal orienté vers la droite :

→ La norme d'une force, dirigée vers la droite, est égale à 10 Newton (N)
avec **1 Newton (N)** = 1 kg/m/s² (ou kg.m.s⁻²)

→ La masse d'un objet est égale à 2 kg

Que vaut la norme du vecteur accélération de cet objet ?

3. Troisième Loi de Newton ou Principe de l'action et de la réaction

Vidéo : https://www.youtube.com/watch?v=NGgiATvUEfU&list=PLyyMJPO8QIkleUqvKSFyIp0JQfqB3MhcO&index=6

L'énoncé original de la troisième loi de newton est le suivant :

"Pour chaque action, il existe une réaction égale et opposée : l'action est toujours égale à la réaction ; c'est-à-dire que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales, et dans les directions contraires."

Plus simplement :

"Si un corps A exerce une force sur un corps B, alors B exerce sur A une force d'égale intensité, de même direction et de sens opposé."

Exemple 5 :

Imaginons un bloc qu'on pousse vers la droite à l'aide de notre main sur une surface de glace. La force exercée par la poussée de notre main va accélérer le bloc à condition qu'il n'y ait pas trop de frottement. Ce que nous dit la loi troisième loi de newton dans ce cas-là, c'est que le bloc va exercer une force égale et opposée à la poussée de notre. Cette force égale et opposée se constate puisque notre main vient s'écraser contre le bloc, celui-ci exerce une pression sur notre main.

Exemple 6 :

Imaginons que nous marchions sur le sable. Dans ce cas-là, notre poids exerce une force sur le sable qui correspond à la force d'attraction gravitationnelle. Une fois de plus, la troisième loi de newton nous dit que le sable, le sol, vient exercer lui aussi une force égale et opposée sur nous.

La somme des deux forces énumérées dans cette loi (force d'action et force de réaction) est **nulle**.

Autres exemples : Force propulsive des fusées contre le sol, Astronaute en sortie extravéhiculaire, ...

À retenir :

$$\boxed{\overrightarrow{F_{B \to A}} = \overrightarrow{F_{A \to B}}}$$

Exercices

Exercice 1 : Un jeune L1SpS souhaite rattraper le tram avant la prochaine station pour arriver à l'heure à sa séance de tutorat. Le tram avance à une allure constante de $18\ km.h^{-1}$.Le L1SpS atteint la vitesse de $15\ km.h^{-1}$alors qu'il est à $45\ m$ du tram qui lui est à $4\ m$ de la station. Le tram reste arrêté 5 secondes une fois à la station avant de repartir. Est-ce que ce jeune L1SpS aura le tram pour arriver à l'heure ?

Exercice 2 : On a un stylo d'une masse $m = 8\ g$ posé sur une table. Quelle est la force exercée par la table sur le stylo ?

Données : accélération de la pesanteur sur Terre $g = 10\ m.s^{-2}$

Exercice 3 : Florian joue au tennis de table contre son frère. Il souhaite savoir si le premier rebond de son service sera sur sa partie de la table. La table mesure 274 cm de long (donc Florian doit envoyer la balle sur la première moitié de la table). La trajectoire de la balle est rectiligne. Florian sert à 30 cm derrière la table à une hauteur de 20 cm avec une vitesse initiale v_0 de 5 $m.s^{-1}$ à l'horizontale. On négligera les frottements et on choisira $g=10\ m.s^{-2}$ pour l'accélération de la pesanteur.

1. Définir le système étudié et le repère utilisé sur un schéma
2. Établir le bilan des forces qui s'appliquent sur le système
3. Grâce à la relation fondamentale de la dynamique, établir les équations horaires du système
4. On souhaite maintenant répondre à la question initiale : Florian va-t-il faire le premier rebond sur sa partie de la table ? moitié de la table.

Correction des exercices

Exercice sur la 2ème loi de newton

<u>On veut définir le vecteur accélération.</u> Dans l'énoncé, il est dit que la force est orientée vers la droite, donc on déterminera le vecteur accélération dans le sens positif et vers la droite.

Donc, puisque la force est orientée vers la droite et que la masse est positive : l'accélération est également orientée vers la droite. On utilise donc la formule suivante :

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

$$\Leftrightarrow \|\vec{F}\| = m \times \|\vec{a}\|$$

$$\Leftrightarrow 10 = 2 \times \|\vec{a}\|$$

$$\Leftrightarrow \|\vec{a}\| = 5$$

La norme du vecteur accélération de ce système est égale à 5 m/s² (ou m.s-2).

Exercice 1 :

Commençons par un schéma de la situation

Ensuite on convertit les km/h en m/s ce qui nous donne pour le tram : $18\, km.h^{-1} = 18 \times \frac{1000}{3600} = 5\, m.s^{-1}$ et $15 \times \frac{1000}{3600} = 4{,}16\, m.s^{-1}$. Ensuite on calcule le temps que met le tram pour arriver à la station : $\frac{45}{5} = 7\, s$. Ainsi notre L1SpS a $5 + 7 = 12\, s$ pour parcourir $4 + 45 = 49\, m$. Or en $12\, s$ il peut parcourir jusqu'à $4{,}16 \times 12 = 49{,}92\, m$ donc il aura de justesse le tram.

Exercice 2 :

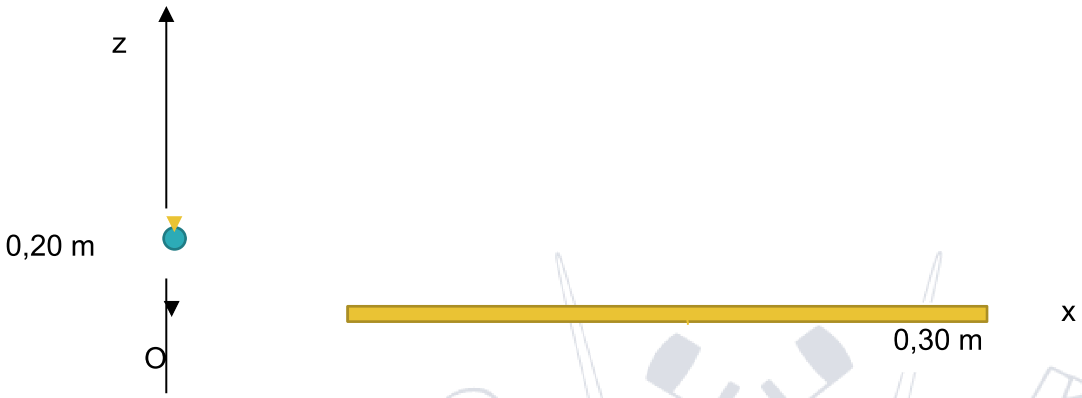
On se place selon l'axe vertical Oz orienté vers le haut. La 2e loi de Newton nous dit $\Sigma\, \vec{F} = m\vec{a}$, ici le stylo est immobile car posé sur la table, donc l'accélération est nulle, alors $\Sigma\, \vec{F} = 0$. De plus on sait que le stylo est soumis à son poids, orienté vers le bas : $\vec{P} = m\vec{g} = mg\vec{e_z} = -8 \times 10^{-3} \times 10 \times \vec{e_z} = -8 \times 10^{-2} \times \vec{e_z}$ donc la table exerce la force opposée au poids à savoir $\vec{F} = -\vec{P} = 8 \times 10^{-2} \times \vec{e_z}$

Exercice 3 :

1. Définir le système étudié et le repère utilisé sur un schéma :

Le système étudié est la balle de ping pong. Le repère le plus adéquat est un axe Ox vers la droite et Oz vers le haut avec l'origine à la hauteur de la table et à 30 cm derrière le début de la table.

On prendra les vecteurs unitaires $\vec{u_z}$ et $\vec{u_x}$ orienté respectivement vers Oz et Ox



2. Établir le bilan des forces qui s'appliquent sur le système

La seule force qui s'applique sur la balle est son poids $\vec{P} = -mg\,\overrightarrow{u_z}$

3. Grâce à la relation fondamentale de la dynamique, établir les équations horaires du système

La relation fondamentale de la dynamique nous donne :

$$ma_x\overrightarrow{u_x} + ma_z\,\overrightarrow{u_z} = -mg\,\overrightarrow{u_z}$$

D'où :

$$a = \{a_x = 0\ (m.s^{-2})\ a_z = -g\ (m.s^{-2})$$

Or, on a $a = \frac{dv}{dt}$ donc en intégrant l'accélération on retrouve la vitesse, les constantes sont alors les conditions initiales dans ce cas.

$$v = \{v_x = \int a_x dt = cte = v_0\ (m.s^{-1})\ v_z = \int a_z dt = -gt + cte = -gt\ (m.s^{-1})$$

De même pour retrouver la position, on intègre la vitesse car $v = \frac{dOM}{dt}$

$$OM = \{x = \int v_x dt = v_0 t + cte = v_0 t\ (m)\ z = \int v_z dt = -\frac{1}{2}gt^2 + cte = -\frac{1}{2}gt^2 + 0{,}20\ (m)$$

4. On souhaite maintenant répondre à la question initiale : Florian va-t-il faire le premier rebond sur sa partie de la table ?

Pour cela il faut que la balle rebondisse pour la première fois entre $0{,}30\ m$ et $0{,}30 + \frac{2{,}74}{2} = 1{,}67m$

On cherche alors l'instant t_r où la balle rebondit. La balle rebondit lorsqu'elle est au niveau de la table, autrement dit quand $z = 0$, soit $-\frac{1}{2}gt_r^2 + 0{,}20 = 0 \leftrightarrow t_r^2 = 2 * \frac{0{,}20}{10} = 0{,}04 \leftrightarrow t_r = 0{,}2$

Donc à $t_r = 0{,}2\ s$, on a $x = v_0 t_r = 5 * 0{,}2 = 1\ m$, la balle rebondit bien sur la première

MOUVEMENT DANS UN CHAMP UNIFORME

Cours

Vidéo à visionner pour comprendre cette partie de cette première approche des cours d'électrostatique(/magnétisme) : https://www.youtube.com/watch?v=SoghyLKO7uU

I. Introduction

Un **champ uniforme** (vectoriel) est un champ qui, en tout point de l'espace, possède la même intensité, la même direction et le même sens.

II. Mouvement dans un champ de pesanteur ($\vec{g}$) uniforme

Vidéo : https://www.youtube.com/watch?v=i8qwBT8QWb8

Dans un champ de pesanteur uniforme, **le mouvement ne varie pas selon un axe z**. En effet, on considère que le mouvement est **plan** selon un repère en deux dimensions (O,x,y).

Pour définir le mouvement d'un objet dans un champ de pesanteur uniforme, on utilisera un exemple en particulier :

Exemple 1 : Une balle (le système), propulsée dans les airs à une vitesse initiale définie (v_0) et formant un angle (α) avec l'axe horizontal.

1. Le déplacement

Pour retrouver la valeur du vecteur accélération, on utilise la deuxième loi de newton :

$$\boxed{\sum \vec{F} = m\vec{a}}$$

Dans le cas de notre exemple, la seule force s'appliquant sur notre système est le poids (P) puisque nous sommes dans un champ de pesanteur (g).

Donc, on distingue :

$$m \times \vec{g} = m \times \vec{a}$$

Nous pouvons donc simplifier notre équation par la masse (m) :

$$\vec{g} = \vec{a}$$

On se rend compte que l'accélération est égale à la pesanteur.

En pratique, on sait que le vecteur pesanteur est orienté selon l'axe vertical et le bas uniquement.

On distingue donc le vecteur accélération en définissant son orientation :

$$\vec{a}\{a_x(t) = 0 \; a_y(t) = -g$$

Maintenant, nous voulons définir la valeur du vecteur vitesse. Or, nous n'avons que le vecteur d'accélération. Ainsi, pour retrouver la vitesse à partir de l'accélération, il faut calculer la primitive de l'accélération :

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Donc, on distingue, selon les axes, le vecteur vitesse en définissant son orientation :

$$\vec{v}\{v_x(t) = C_1 \; v_y(t) = -g \times t + C_2$$

Avec : $C_{(1,2)}$ = Constantes

Pour retrouver les valeurs des différentes constantes, il va falloir regarder les conditions initiales de notre système. C'est-à-dire, comment était notre vecteur vitesse au début du mouvement.

Au début du mouvement de notre système, la vitesse était égale à v_0 réalisant un angle (α) avec l'axe horizontal.

Ainsi, grâce à la trigonométrie, on retrouve selon les axes :

- Axe des abscisses (x) : $v_0 \times cos\ cos\ \alpha$
- Axe des ordonnées (y) : $v_0 \times sin\ \alpha$

Par conséquent, initialement (à t_0), on a :

$$\vec{v}\begin{cases} v_x(0) = C_1 = v_0 \times cos\ \alpha \\ v_y(0) = -g \times 0 + C_2 = v_0 \times sin\ \alpha \end{cases}$$

Plus simplement :

$$\vec{v}\begin{cases} v_x(t) = v_0 \times cos\ \alpha \\ v_y(t) = -g \times t + v_0 \times sin\ \alpha \end{cases}$$

Maintenant, nous souhaitons retrouver la position de notre balle au sein de notre système.

Nous savons que la vitesse est la dérivée de la position par rapport au temps. Ainsi, pour retrouver la position, il faut calculer la primitive de la vitesse :

$$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$$

Donc, on distingue, selon les axes, le vecteur position en définissant son orientation :

$$\overrightarrow{OM}\begin{cases} x(t) = v_0 \times cos\ \alpha \times t + C_3 \\ y(t) = -(\frac{1}{2} \times g \times t^2) + v_0 \times sin\ \alpha \times t + C_4 \end{cases}$$

Avec : $C_{(3,4)}$ = Constantes

Pour retrouver les valeurs des différentes constantes, il va falloir regarder les conditions initiales de notre système. C'est-à-dire, comment était notre vecteur position au début du mouvement.

Au début du mouvement de notre système, la position était égale à 0 :

$$\text{à } t_0 : \begin{cases} x(0) = 0 = C_4 \\ y(0) = 0 = C_5 \end{cases}$$

Avec : $C_{(5 \text{ ou } 6)}$ = Constantes

Par conséquent, initialement (à t_0), on a :

$$\overrightarrow{OM}\begin{cases} x(t) = v_0 \times cos\ \alpha \times t + 0 \\ y(t) = -(\frac{1}{2} \times g \times t^2) + v_0 \times sin\ \alpha \times t + 0 \end{cases}$$

Plus simplement :

$$\overrightarrow{OM}\begin{cases} x(t) = v_0 \times cos\ \alpha \times t \\ y(t) = -(\frac{1}{2} \times g \times t^2) + v_0 \times sin\ \alpha \times t \end{cases}$$

2. La trajectoire

La trajectoire permet de prédire ou de retracer le déplacement, il s'agit de ce qu'on peut "voir" et se traduit la mise en équation de l'ordonnée en fonction de l'abscisse → la formule étant la suivante :

$$y = f(x)$$

Pour obtenir la trajectoire, il nous faut une relation qui nous permet de ressortir le nombre appartenant à l'abscisse (x) pour le réinjecter dans les ordonnées (y). Cette relation correspond à :

$$x(t) = v_0 \times cos\ \alpha \times t$$

Cette relation nous permet notamment de définir t comme étant :

$$t = \frac{x}{v_0 \times cos\ \alpha}$$

Ce t que nous venons de définir, se voit réinjecté dans l'équation des coordonnées de y du vecteur position que nous avons défini plus haut :

$$y(t) = -\left(\frac{1}{2} \times g \times t^2\right) + v_0 \times sin\ \alpha \times t$$

$$\Leftrightarrow \; y(t) = -\left(\frac{1}{2} \times g \times \left(\frac{x}{v_0 \times \cos\ \alpha}\right)^2\right) + v_0 \times \sin\ \alpha \times \frac{x}{v_0 \times \cos\ \alpha}$$

$$\Leftrightarrow y(t) = \frac{-g}{2 \times {v_0}^2 \times (\cos\ \alpha)^2} \times x^2 + \tan\ \alpha \times x$$

On peut donc réaliser la conclusion de notre progression :

Le mouvement est **plan** selon un repère en deux dimensions (O,x,y). Ainsi, dans un champ de pesanteur uniforme, **le mouvement ne varie pas selon un axe z**. De plus, la **trajectoire** de notre système est définie par l'équation suivante :

$$y(t) = \frac{-g}{2 \times {v_0}^2 \times (\cos\ \alpha)^2} \times x^2 + \tan\ \alpha \times x$$

III. Mouvement dans un champ électrostatique ($\vec{E}$) uniforme

Vidéo : https://www.youtube.com/watch?v=buY7IcMZkeA

Les mouvements dans un champ électrostatique uniforme concernent les particules chargées qui se retrouvent entre les armatures d'un condensateur plan.

Entre ces deux armatures, l'une chargée positivement et l'autre chargée négativement, on retrouve un champ électrostatique uniforme vertical entre elles.

Le mouvement est **plan** selon un repère en deux dimensions (O,x,y). Ainsi, dans un champ électrostatique vertical et uniforme, **le mouvement ne varie pas selon un axe z**.

Pour définir le mouvement d'un objet dans un champ électrostatique uniforme, on utilisera un exemple en particulier :

Exemple 2 : Une particule (le système), propulsée entre deux armatures d'un condensateur plan à une vitesse initiale définie (v_0) et formant un angle (α) avec l'horizontal entre les 2 armatures. Notre particule possède une masse (m) et une charge (q) définies.

1. Le déplacement

Comme avant, pour retrouver la valeur du vecteur accélération, on utilise la deuxième loi de newton :

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

Dans le cas de notre exemple, la seule force s'appliquant sur notre système est la force électrostatique (F_e) puisque nous sommes dans un champ électrostatique, le poids (P) est donc négligé.

La formule de la force électrostatique (F_e) correspond à :

$$F_e = q \times E$$

Avec : F_e : force électrostatique en Newton (N)
q : charge en Coulomb (C)
E : Champ électrostatique en V/m ou N/C

Donc, on distingue :

$$q \times \vec{E} = m \times \vec{a}$$

Nous pouvons donc définir la valeur de l'accélération en remaniant la formule :

$$\vec{a} = \frac{|q| \times \vec{E}}{m}$$

En pratique, il se trouve que :

- si la charge est positive (**q > 0**), elle se rapprochera de l'armature chargée négativement (= pôle négatif)
- si la charge est négative (**q < 0**), elle se rapprochera de l'armature chargée positivement (= pôle positif)

On distingue donc le vecteur accélération en définissant son orientation :

$$\vec{a}\{a_x(t) = 0 \; a_y(t) = \frac{|q| \times E}{m}$$

Maintenant, nous voulons définir la valeur du vecteur vitesse. Nous allons à nouveau calculer la primitive de l'accélération :

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Donc, on distingue, selon les axes, le vecteur vitesse en définissant son orientation :

$$\vec{v}\{v_x(t) = C_1 \; v_y(t) = \frac{|q| \times E}{m} \times t + C_2$$

Avec : $C_{(1,2)}$ = Constantes

Pour retrouver les valeurs des différentes constantes, il va falloir regarder les conditions initiales de notre système. C'est-à-dire, comment était notre vecteur vitesse au début du mouvement.

Au début du mouvement de notre système, la vitesse était égale à v_0 réalisant un angle (α) avec l'axe horizontal.

Ainsi, grâce à la trigonométrie, on retrouve selon les axes :

- Axe des abscisses (x) : $v_0 \times cos \;\; \alpha$
- Axe des ordonnées (y) : $v_0 \times sin \;\; \alpha$

Par conséquent, initialement (à t_0), on a :

$$\vec{v}\{v_x(0) = C_1 = v_0 \times cos \;\; \alpha \;\; v_y(0) = \frac{|q| \times E}{m} \times 0 + C_2 = \; v_0 \times sin \;\; \alpha \;\; v_z(0) = C_3 = 0$$

Plus simplement :

$$\vec{v}\{v_x(t) = v_0 \times cos \;\; \alpha \;\; v_y(t) = \frac{|q| \times E}{m} \times t + v_0 \times sin \;\; \alpha \;\; v_z(t) = 0$$

Maintenant, nous souhaitons retrouver la position de notre particule au sein de notre système.

Nous savons que la vitesse est la dérivée de la position par rapport au temps. Ainsi, pour retrouver la position, il faut calculer la primitive de la vitesse :

$$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$$

Donc, on distingue, selon les axes, le vecteur position en définissant son orientation :

$$\overrightarrow{OM}\{x(t) = v_0 \times cos \;\; \alpha \;\; \times t + C_3 \; y(t) = \frac{|q| \times E}{2 \times m} \times t^2 + v_0 \times sin \;\; \alpha \times t + C_4$$

Avec : $C_{(3,4)}$ = Constantes

Pour retrouver les valeurs des différentes constantes, il va falloir regarder les conditions initiales de notre système. C'est-à-dire, comment était notre vecteur position au début du mouvement.

Au début du mouvement de notre système, la position était égale à 0 :

$$\text{à } t_0 : \{x(0) = 0 = C_3 \; y(0) = 0 = C_4$$

Avec : $C_{(3,4)}$ = Constantes

Par conséquent, initialement (à t_0), on a :

$$\overrightarrow{OM}\{x(t) = v_0 \times cos \;\; \alpha \;\; \times t + 0 \; y(t) = \frac{|q| \times E}{2 \times m} \times t^2 + v_0 \times sin \;\; \alpha \times t + 0$$

Plus simplement :

$$\overrightarrow{OM}\{x(t) = v_0 \times cos\ \alpha\ \times t\ y(t) = \frac{|q| \times E}{2 \times m} \times t^2 + v_0 \times sin\ \alpha \times t$$

2. La trajectoire

La trajectoire permet de prédire ou de retracer le déplacement, il s'agit de ce qu'on peut "voir" et se traduit la mise en équation de l'ordonnée en fonction de l'abscisse → la formule étant la suivante :

$$y\ =\ f(x)$$

Pour obtenir la trajectoire, il nous faut une relation qui nous permet de ressortir le nombre appartenant à l'abscisse (x) pour le réinjecter dans les ordonnées (y). Cette relation correspond à :

$$x(t) = v_0 \times cos\ \alpha \times t$$

Cette relation nous permet notamment de définir t comme étant :

$$t = \frac{x}{v_0 \times cos\ \alpha}$$

Ce t que nous venons de définir, se voit réinjecté dans l'équation des coordonnées de y du vecteur position que nous avons défini plus haut :

$$y(t) = \frac{|q| \times E}{2 \times m} \times t^2 + v_0 \times sin\ \alpha \times t$$

$$\Leftrightarrow\ y(t) = \frac{|q| \times E}{2 \times m} \times \left(\frac{x}{v_0 \times cos\ \alpha}\right)^2 + v_0 \times sin\ \alpha \times \frac{x}{v_0 \times cos\ \alpha}$$

$$\Leftrightarrow y(t) = \frac{|q| \times E}{2 \times m \times {v_0}^2 \times (cos\ \alpha)^2} \times x^2 + tan\ \alpha \times x$$

On peut donc réaliser la conclusion de notre progression :

Le mouvement est **plan** selon un repère en deux dimensions (O,x,y). Ainsi, dans un champ de pesanteur uniforme, **le mouvement ne varie pas selon un axe z**. De plus, la **trajectoire** de notre système est définie par l'équation suivante :

$$y(t) = \frac{|q| \times E}{2 \times m \times {v_0}^2 \times (cos\ \alpha)^2} \times x^2 + tan\ \alpha \times x$$

IV. Application, mouvement dans un champ uniforme

1. Accélérateur/Ralentisseur de particule

Une particule de charge q est placée dans un accélérateur de particule et dont le champ électrostatique (E) est correctement orienté, c'est-à-dire de manière linéaire.

Le travail de la force est égal à :

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F} \times \overrightarrow{AB} = F \times AB \times cos\ (\vec{F}, \overrightarrow{AB})$$

Si le déplacement est dans la même direction et le même sens que le champ électrostatique (E), le cosinus de l'angle $(\vec{F}, \overrightarrow{AB})$ sera égal à 1.

Donc, on aura :

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F} \times \overrightarrow{AB} = F \times AB \times 1$$

$$\Leftrightarrow W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F} \times \overrightarrow{AB} = F \times AB$$

Or, la formule du champ électrostatique (E) correspond à la tension (U) divisée par la distance (d) qui sépare les deux armatures du condensateur plan, c'est à dire :

$$E = \frac{U_{AB}}{d}$$

Comme la distance (d) correspond, dans notre cas, à la distance parcourue par la particule entre les deux armatures du condensateur plan, celle-ci peut se voir remplacée par la distance AB. De plus, rappelons que la force électrostatique (F_e) est égale à : $\vec{F_e} = |q| \times \vec{E}$

On obtient alors :

$$Si, AB = d$$

$$Alors, W_{A \to B}(\vec{F}) = q \times \frac{U_{AB}}{d} \times d = q \times U_{AB}$$

Ce qu'on remarque c'est que le travail de la force est proportionnel à la charge (q) et à la tension (U_{AB}).

D'après le théorème de l'énergie cinétique (E_c), la vitesse (v) de déplacement de la particule augmente entre la position A et la position B avec le travail (W).

Ainsi, un **accélérateur de particule** va être efficace si le champ électrostatique (E) est orienté dans le "bon" sens, c'est-à-dire dans le même sens que la valeur vectorielle de la charge (négatif ou positif).

Tandis que, si le champ électrostatique est orienté dans le sens inverse à celui de la valeur vectorielle de la charge (négatif ou positif), nous ne serons plus en présence d'un accélérateur de particule, mais d'un **ralentisseur de particule**.

Exercices

Exercice 1 :

1. Le poids d'un objet en chute libre ne dépend pas de sa masse. **VRAI/FAUX**
2. Le référentiel héliocentrique est un référentiel galiléen. **VRAI/FAUX**
3. Un système en mouvement rectiligne uniforme tant à rester en mouvement rectiligne uniforme, tant qu'aucune force extérieure ne s'applique au système. **VRAI/FAUX**
4. On peut calculer la vitesse d'un système en dérivant son accélération. **VRAI/FAUX**
5. Pour le mouvement d'un système où la seule force exercée est le poids, le vecteur accélération $\vec{a}$dans le repère (Ox ; Oy) se décompose de la manière suivante : $a_x = 0$ et $a_y = g$. **VRAI/FAUX**
6. La chute libre est un mouvement rectiligne uniformément accéléré. **VRAI/FAUX**

Exercice 2 :

Nous voici en pleine rencontre entre la France et le Danemark. Le ballon (d'une masse de 440 grammes) se trouve entre les pieds d'Antoine Griezmann. Soudain, un joueur adverse apparaît en face du footballeur. En un rien de temps, Griezmann soulève habilement le ballon de football (à 65° par rapport au sol) pour effectuer une passe vers Kylian MBappé.

On étudie la trajectoire du ballon en chute libre, en assimilant le terrain de football à un champ de pesanteur uniforme tout en négligeant les frottements. La vitesse initiale du ballon en décollage est de 17m/s.

1. Établir les équations horaires du mouvement du ballon en chute libre.
2. Établir l'équation de la trajectoire du ballon. Comment peut-on qualifier cette trajectoire depuis Griezmann jusqu'à MBappé ?
3. Quelle est la vitesse du ballon lorsque ce dernier atteint sa hauteur maximale ?
4. A quelle distance se trouve MBappé par rapport à Griezmann ?

Correction des exercices

Exercice 1 :

1. **FAUX.** Le poids équivaut au produit de la masse par l'accélération de la pesanteur : $\vec{P} = m \times \vec{g}$.Donc le poids dépend toujours de la masse. En revanche, le mouvement ou plutôt la **vitesse** d'un objet en chute libre est indépendante de sa masse.
2. **VRAI.** Le référentiel héliocentrique comporte un repère défini à partir d'un centre, le Soleil, duquel passe trois axes orientés vers trois étoiles lointaines considérées comme étant fixes. Comme il s'agit d'un référentiel galiléen, *le principe d'inertie est valable* pour le référentiel héliocentrique.
3. **VRAI.** Il s'agit de la *première loi de Newton*.
4. **FAUX.** C'est l'inverse. La vitesse est la **primitive** de l'accélération, et non la dérivée !
5. **FAUX.** Le poids $\vec{P}$ est une force verticale orientée vers le bas, donc dans le **sens inverse** par rapport à l'axe y qui s'étend vers le haut. Ainsi, le vecteur de l'accélération de la pesanteur $\vec{g}$ est également orienté vers le bas, et va donc avoir un **signe négatif**. On écrit donc : a_y = **-** g.
6. **VRAI.** La chute libre implique une vitesse et une accélération constantes.

Exercice 2 :

Conseil : Cet exercice comporte peu de calcul numérique mais beaucoup d'expressions littérales. Il faut le faire puis le refaire des milliers de fois - sans modération - afin de prendre les "bonnes habitudes" en termes de rédaction de calculs (sachant qu'il est fort possible que les examens de physique soient rédactionnels et non seulement à base de QCM ou QCD).

1. Le système étudié est le ballon, assimilé à un point matériel B (de masse m = 450 g) dans le repère (Ox ; Oy), avec Ox l'axe correspondant à la surface du sol et Oy la hauteur verticale par rapport au sol. Le référentiel est terrestre donc supposé galiléen, et comme les frottements sont négligés, la seule force qui s'applique sur le système en chute libre est le poids $\vec{P}$.

→ *Il est toujours important en début d'exercice de préciser le système étudié ainsi que le référentiel, et le bilan des forces extérieures. Ensuite on annonce la formule à utiliser et on recopie entièrement la formule avant d'entamer la partie opératoire avec les calculs littéraux puis les applications numériques. On exprime enfin le résultat numérique par une phrase de conclusion.*

D'après la deuxième loi de Newton : $\sum \quad \vec{F} = m\vec{a}$

Soit : $\vec{P} = m\vec{a} \Leftrightarrow m\vec{g} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{g} = \vec{a}$.

Les coordonnées du vecteur accélération sont donc :

- $a_x = 0$
- $a_y = - g = - 10$ m/s²

D'après l'énoncé, on sait que la trajectoire de la balle forme un angle α = 65° par rapport à l'axe Ox et la vitesse initiale du ballon v_0 = 17 m/s. Comme $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, on primitive l'accélération par rapport au temps afin d'obtenir les coordonnées du vecteur vitesse :

- $v_x = v_0 . \cos\alpha = 17 . \cos(65°)$
- $v_y = - gt . \sin\alpha = - 10t . \sin(65°)$

On effectue la même démarche pour obtenir les coordonnées du vecteur position $\overrightarrow{OB}$, c'est-à-dire qu'on va primitiver par rapport au temps le vecteur vitesse car $\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$:

- $\boldsymbol{x(t) = v_0 \cos\ \alpha . t} = 233 . \cos(65°) . t$
- $y(t) = -(\frac{1}{2}gt^2) + v_0\ \sin\ \alpha . t = -(\frac{1}{2}10t^2) + 17 . \sin(65°) . t$

2. La trajectoire du ballon correspond à l'expression de y en fonction de x, soit y(x).

Tout d'abord, on sait que $\boldsymbol{x(t) = v_0 \cos\ \alpha . t}$ soit $\boldsymbol{t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha .}}$

Ainsi, $y(x) = -\frac{1}{2} . \frac{x^2}{(v_0 \cos \alpha)^2} + x . \tan \boldsymbol{\alpha}$ (Voir page 77 pour plus de détails).

On peut remarquer que l'équation de la trajectoire est un polynôme du second degré de type ax² + bx + c, avec : a = $-\frac{1}{2} . \frac{1}{(v_0 \cos \alpha)^2}$ b = $\tan \boldsymbol{\alpha}$ et c = 0

On dit alors que la trajectoire du ballon est **parabolique**.

3. La hauteur maximale atteinte par le ballon correspond au point sur l'axe Oy pour lequel la vitesse du ballon est nulle (le ballon se trouve pile au sommet de la parabole).

4. La distance entre MBappé et Griezmann correspond à la distance x à laquelle le ballon va toucher le sol, c'est-à-dire là où la hauteur du ballon est nulle : y = 0.

On utilise l'équation de la trajectoire pour trouver la valeur de x :

$$y(x) = 0 \Leftrightarrow -\frac{1}{2} . \frac{x^2}{(v_0 \cos \alpha)^2} + x . \tan \boldsymbol{\alpha} = \mathbf{0}$$

Comme énoncé précédemment (voir question 2), on est face à une équation du second degré où :

a = $-\frac{1}{2} . \frac{1}{(v_0 \cos \alpha)^2}$ b = $\tan \boldsymbol{\alpha}$ et c = 0

En calculant les deux racines de ce polynôme, on trouve finalement que :

$x = \frac{2 . (v_0)^2}{g} . \cos^2 \alpha . \tan \alpha$ soit $x = \frac{(v_0)^2}{g} . \sin 2\alpha$

Application numérique : $x = \frac{17^2}{10} . \sin (2 \times 65°) = 22\ m$

Conclusion : MBappé se situait à 22 mètres de distance lorsque Griezmann a effectué sa passe.

PHYSIQUE QUANTIQUE ET RADIOACTIVITÉ

Cours

I. Le photon

1. L'effet photoélectrique : https://youtu.be/c7Onhw4lv9w

- L'énergie cinétique des photoélectrons augmente avec la fréquence de la lumière
- Le courant électrique reste constant quand la fréquence de la lumière augmente
- Le courant électrique augmente avec l'intensité lumineuse
- L'énergie cinétique des photoélectrons reste constante quand l'intensité de la lumière augmente.

L'énergie d'un photon est définie par la relation :

$$\boxed{E = h\nu}$$

On considère qu'un faisceau de lumière est composé d'un flux de photon avec une énergie propre à la fréquence de ce faisceau de lumière, lorsqu'un photon heurte une surface métallique, l'énergie du photon va être absorbée par un électron se trouvant dans le métal.
On a une fréquence seuil qui va être défini dépendant du matériau, en dessous de cette fréquence ν_0 aucun électron ne sera émis.

Équation d'Einstein :

$$\boxed{E_{photon} = \varphi + K_{max}}$$

Avec :
- ☐ E_{photon} : l'énergie du photon
- ☐ φ : l'énergie nécessaire pour extraire un électron = énergie d'extraction du matériau
- ☐ K_{max} : l'énergie cinétique maximale que peut avoir le photon après extraction

2. La dualité onde-particule

Cette dualité vient du fait qu'à chaque particule en mouvement, est associé une quantité de mouvement ($\vec{p} = m\vec{v}$ avec m la masse de la particule et v sa vitesse). Grâce à cette propriété, nous pouvons associer à chacune de ces particules une longueur d'onde grâce à la relation De Broglie qui dit :

$$\boxed{\lambda = \frac{h}{p}}$$

Avec :
- ☐ λ : la longueur d'onde en m
- ☐ h : la constante de Planck ($h = 6{,}63.10^{-34}$ SI)
- ☐ p : quantité de mouvement de la particule en $kg.m.s^{-1}$ (rappel : $p = m.v$)

II. Composition du noyau de l'atome

Le noyau de l'atome est composé de particules nucléaires, les nucléons : les **protons** et les **neutrons**.

Le symbole d'un noyau s'écrit : ZAX

- A symbolise le nombre de nucléons
- Z est le nombre de protons
- X est le symbole de l'élément

III. Radioactivité

Vidéo : les 3 types de radioactivité : https://youtu.be/o31kj6Zo-d0

La radioactivité est une **réaction nucléaire spontanée** au cours de laquelle un noyau père instable se désintègre en un noyau fils en émettant des particules.

1. Radioactivité α

La radioactivité α est liée à **l'interaction forte**.

Le noyau père se désintègre en un noyau fils Y en émettant une **particule** α qui est un noyau d'hélium (cette particule est donc chargée comme il s'agit d'un noyau et non d'un atome). Le noyau père contient dans ce cas trop de nucléons.

$$\boxed{ZAX \rightarrow Z-2A-4Y + 24He}$$

Attention, ce type de réaction ne survient que pour des noyaux dont le nombre de nucléons est supérieur à 150 $(A > 150)$

2. Radioactivité β-

La radioactivité β est liée à **l'interaction faible**, elle est **isobare** (on conserve le même nombre de nucléons).

Le noyau père se désintègre en noyau fils en émettant une **particule** β- qui est un électron ainsi qu'un **antineutrino**. Le noyau père contient un excès de neutrons.

$$\boxed{01n \rightarrow 11p + -10e^{-} + 00\underline{\nu}}$$

Remarque : un neutron a été transformé en un proton. Le fait qu'il y a la présence d'un antineutrino est par souci énergétique.

3. Radioactivité β^{+}

La radioactivité β^{+} est liée à **l'interaction faible**, elle est **isobare**. Le noyau père se désintègre en un noyau fils en émettant une **particule** β^{+} (un positon) ainsi qu'un **neutrino**. Le noyau père contient un excès de protons.

$$\boxed{11p \rightarrow 01n + +10e^{+} + 00\nu}$$

Remarque : un proton a été transformé en neutron. Toujours dans cette dualité, ici le neutrino est de la matière et le positon de l'antimatière.

4. La loi de décroissance radioactive

Vidéo : formule de la décroissance radioactive : https://youtu.be/u--5tGiixjk

La loi de décroissance radioactive montre l'évolution dans le temps du nombre de noyaux radioactifs non encore désintégrés. On la calcule avec la formule :

$$\boxed{N(t) = N_0 e^{-\lambda t}}$$

Avec :

- ☐ $N(t)$: nombre de noyaux non encore désintégrés au temps t
- ☐ N_0 : le nombre initial de noyaux radioactifs
- ☐ λ : probabilité qu'un isotope se désintègre en une seconde

Applications vidéo :

- Exemple 1 : https://youtu.be/315y7LZn5kA
- Exemple 2 : https://youtu.be/acrrYYWv5E4

Exercices

Exercice 1 :

Equilibrez les équations suivantes :

a) $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{\square}_{\square}\square + {}^{4}_{2}He$

b) $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{92}_{\square}\square + {}^{141}_{56}Ba + \underline{\square}\,{}^{1}_{0}n$

c) ${}^{\square}_{\square}\square \rightarrow {}^{239}_{93}Np + {}^{0}_{-1}e$

d) $^{140}_{54}Xe + {}^{\square}_{38}\square + 2\,{}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{235}_{\square}\square + {}^{1}_{0}n$

Exercice 2 :

Calculer l'énergie K_{max} d'un photon émis avec une fréquence de 4.10⁹ MHz, sur une plaque de cuivre ($\varphi = 7{,}53.10^{-19}J$=7,53.10-19).

Exercice 3 :

A quels types de radioactivité appartiennent ces exemples :

a) $3580Br \rightarrow 3680Kr + e^- + \underline{\nu_e}$

b) $88226Ra \rightarrow 86222Rn + 24He$

c) $3580Br \rightarrow 3480Se + e^+ + \nu_e$

Exercice 4 :

Dire à quoi correspond X parmi les exemples suivants :

a) $2967Cu \rightarrow 3067Zn + X$

b) $84210Po \rightarrow X + \alpha$

c) $53131I \rightarrow 53131Xe + X$

d) $1118Na \rightarrow 1018Ne + X$

Exercice 5 :

Calculer le nombre de noyau présent dans 10g de Polonium 210 au bout d'un an (sachant que $T_{\frac{1}{2}} = 138 jours$).

Exercice 6 :

Calculer l'énergie d'un photon de longueur d'onde 250mm et calculer si possible l'énergie cinétique maximale d'un électron après effet photoélectrique sur une plaque d'argent ($\varphi = 4{,}6eV$).

Exercice 7 :

Calculer la longueur d'onde d'un électron se déplaçant à une vitesse $v = 3 \times 10^6\, mm.s^{-1}$. On donne $m_{électron} = 9{,}11 \times 10^{-28} g$.

Correction des exercices

Exercice 1 :

Il suffit de compléter les lignes de A et Z en respectant les égalités. Pour trouver les éléments X on s'aidera d'un tableau périodique des éléments.

a) $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{10}_{4}\boldsymbol{Be} + {}^{4}_{2}He$

b) $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{92}_{36}\boldsymbol{Kr} + {}^{141}_{56}Ba + \boldsymbol{3}{}^{1}_{0}n$

c) $^{239}_{92}\boldsymbol{U} \rightarrow {}^{239}_{93}Np + {}^{0}_{-1}e$

d) $^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}\boldsymbol{Sr} + 2{}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{235}_{92}\boldsymbol{U} + {}^{1}_{0}n$

Exercice 2 :

Avant tout, il faut d'abord calculer l'énergie d'un photon. Pour cela, nous utilisons la formule : $E = h \times \nu$. Sachant que ν est la fréquence et est en Hz (attention on nous donne des MHz dans l'énoncé donc il faut rajouter 10⁶ à la valeur donnée).

$$E_{photon} = 6{,}62 \times 10^{-34} \times 4 \times 10^{15} = 2{,}65 \times 10^{-18}$$

Dans un second temps, pour calculer K_{max}, nous utilisons la formule : $E_{photon} = \varphi + K_{max}$

Application numérique :

$$K_{max} = E_{photon} - \varphi = 2{,}65 \times 10^{-17} - 7{,}53 \times 10^{-18} = 6{,}95 \times 10^{-19} J$$

Exercice 2 :

a. Nous voyons que dans les produits de réaction, il y a un électron (e^-) et un antineutrino ($\underline{\nu}$). Or, les électrons sont des particules β^-. Il s'agit donc d'une désintégration à interaction faible de type β^-.
b. Nous voyons que dans les produits de réaction, il y a un noyau d'hélium ($24He$). Or, ces noyaux sont également appelés particules α. Il s'agit donc d'une désintégration à interaction forte de type α.
c. Nous voyons que dans les produits de réaction, il y a un positon (e^+) et un neutrino (ν). Or les positons sont des particules β^+. Il s'agit donc d'une désintégration à interaction faible de type β^+.

Exercice 3 :

Pour réaliser ce genre d'exercice, il faut garder en tête que les deux côtés de la réaction doivent être strictement équivalents en termes de nucléons. Par exemple, si il y a 150 nucléons à gauche, il doit aussi y en avoir 87 à droite (que nous pouvons additionner). Ainsi, en appliquant cette méthode aux réactions proposés, nous obtenons :

a. Ici, nous avons 29 charges positives à gauche (les protons) contre 30 à droite. Pour compenser cet excès, nous allons rajouter un électron à droite (30 charges positives avec 1 charges négative, nous donnent bien un total de 29+). De plus, nous voyons que le nombre total de nucléons ne change pas, il s'agit donc d'une transformation isobarique. Or la seule réaction réunissant ces deux conditions (isobarique et apparition d'un électron) est une réaction de type β^-(pour rappelle les particules β^- sont des électrons). Donc $X => \beta^- + \underline{\nu}$.

b. Même raisonnement ici, nous avons 84 protons et 210 nucléons à gauche, de plus, nous avons une particule α à droite (pour rappelle une particule α est un noyau d'hélium $24He$). Pour trouver X, il ne nous reste plus qu'à soustraire 4à 210 ($210 - 4 = 206$) et 2 à 84 ($84 - 2 = 82$). Nous avons donc $82206X$ pour trouver l'élément associé, nous utilisons un tableau périodique qui nous dit que l'élément 82 est du plomb donc : $82206Pb$.

c. Le raisonnement est strictement identique à celui du a). Nous obtenons donc $X => \beta^- + \underline{\nu}$.

d. Le raisonnement est encore une fois similaire au a) à la différence que nous perdons une charge positive dans le noyau fils, pour compenser cette perte, nous ajoutons un positon (qui est une charge positive) de plus, le nombre de nucléons ne change pas. Il s'agit donc d'une transformation isobarique donnant un positon ce qui correspond à une désintégration β^{+}). Donc $X => \beta^{+} + \nu$ (sachant qu'une particule β^{+} correspond à un positon).

Exercice 4 :

Pour résoudre cet exercice, il faut d'abord calculer le nombre de noyaux initialement présents. Pour cela, nous disposons de la masse initialement présente ($m = 10g$) et de la masse molaire (sous entendu dans l'énoncé en donnant le nombre de nucléons de l'isotope soit 210 donc $M = 210g.mol^{-1}$). Nous nous retrouvons donc avec N_0 :$n = \frac{m}{M} = \frac{10}{210} = 4{,}76 \times 10^{-2} mol$ soit :

$$N_0 = n \times N_A = 4{,}76 \times 10^{-2} \times 6{,}02 \times 10^{23} = 2{,}87 \times 10^{22}\ noyaux$$

Dans un second temps, nous allons calculer le nombre de noyaux restant au temps t=1an soit 365jours. La demi-vie est également connue grâce à l'énoncé $T_{\frac{1}{2}} = 138\ jours$. Pour cela, nous utilisons la formule :

$$N(365jours) = N_0 e^{-\frac{lnln\,(2)}{T_{1/2}} \times t} = 2{,}87 \times 10^{22} \times e^{-\frac{lnln\,(2)}{138} \times 365} = 4{,}59 \times 10^{21}\ noyaux$$

Exercice 5 :

Pour calculer l'énergie du photon, nous utilisons la formule suivante : $E = h \times \frac{c}{\lambda}$. Cependant, attention la longueur d'onde nous est donnée en mm ce qui donne $\lambda = 250mm = 250 \times 10^{-3}$. D'où :

$$E_{photon} = 6{,}62 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^{8}}{250 \times 10^{-3}} = 7{,}944 \times 10^{-25}$$

Enfin, pour savoir si le travail d'extraction est possible, nous utilisons la formule $E_{photon} = \varphi + K_{max}$ et si K_{max} est positif ou nul, alors il y a extraction. Avec la valeur de l'énergie trouvée précédemment, nous obtenons :

$$K_{max} = E_{photon} - \varphi = 7{,}944 \times 10^{-25} - 4{,}6 \times 1{,}6 \times 10^{-19} = -7{,}36 \times 10^{-19} J$$

Or, nous trouvons un résultat négatif donc l'extraction ne peut pas avoir lieu.

Exercice 6 :

Pour calculer la longueur d'onde d'une particule, nous utilisons la relation De Broglie : $\lambda = \frac{h}{p}$.

Pour cela, nous devons d'abord calculer la quantité de mouvement d'un électron. Cependant, nous devons faire attention aux conversions : les masses doivent être en kg (car c'est l'unité SI de la masse) et les vitesses en m.s-1.

Nous obtenons donc :

$$p = m \times v = 9{,}11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^{3} = 2{,}73 \times 10^{-27} Kg.m.s^{-1}$$

Enfin, nous pouvons remplacer les différentes valeurs dans la relation ce qui donne :

$$\lambda = \frac{6{,}62 \times 10^{-34}}{2{,}73 \times 10^{-27}} = 2{,}42 \times 10^{-7} m = 242nm$$

ÉTUDE D'UN SYSTEME THERMODYNAMIQUE

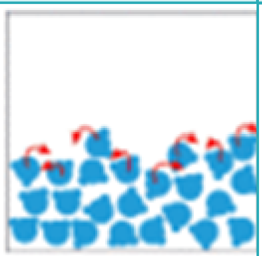
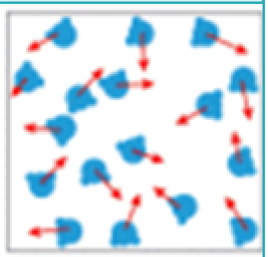
Cours

I. Les états de la matière

Transferts thermiques et changement d'état : https://www.youtube.com/watch?v=Nj2f2t1Ndj0

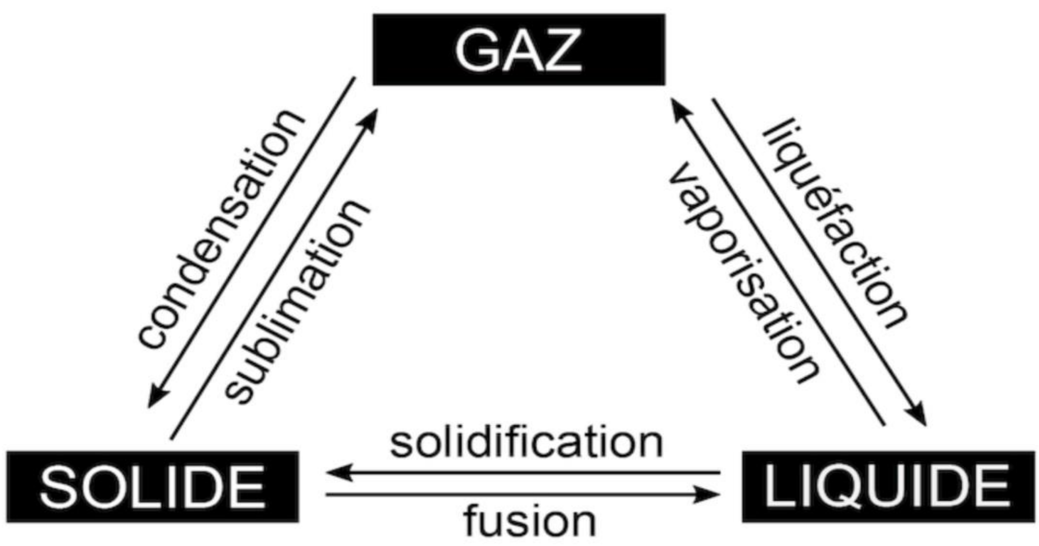
Selon les conditions de température et de pression, une espèce chimique peut exister à l'état **solide**, **liquide** ou **gazeux**.

1. Agencement spatial des particules au niveau microscopique :

État physique	Solide	Liquide	Gaz
Agencement des particules	Compact, ordonné 	Compact, désordonné 	Dispersé, désordonné 

2. Les transitions entre les états physiques de la matière

Les changements d'état



3. Chaleur sensible et chaleur latente :

a. Chaleur sensible

La **chaleur sensible** ou **énergie thermique sensible** représente l'énergie mise en jeu au cours d'une variation ΔT de la température d'une masse m d'un corps **sans changement d'état**. Elle s'exprime par la formule :

$$Q = mC\Delta T$$

Avec : C la capacité thermique massique en $J.kg^{-1}.K^{-1}$

b. Chaleur latente

La **chaleur latente** ou **énergie thermique latente** représente en revanche la chaleur échangée avec le milieu extérieur lors d'un **changement d'état**, à pression constante. Elle se calcule de la manière suivante :

$$Q = mL$$

Avec : m la masse du corps en kg et L la chaleur de changement d'état en $J.kg^{-1}$

4. Un « modèle » thermodynamique particulier des gaz : le gaz parfait

Loi des gaz parfaits : https://www.youtube.com/watch?v=TX1p8ctcyaE&t=246s

La notion de gaz parfait est un modèle permettant de simplifier le comportement d'un gaz dans les conditions réelles. Il est défini en utilisant les 3 principales lois qui concernent les gaz

- la loi de Boyle-Mariotte avec P×V=Constante à température constante
- la loi de Charles à pression constante
- la loi d'Avogadro

Elles nous permettent de dire **qu'un gaz parfait** est définit par :

$$\boxed{P\times V=n\times R\times T}$$

Cette loi considère que les volumes individuels des molécules est négligeable face au volume du gaz, c'est pourquoi **elle simplifie le réel** puisque pas applicable dans tous les cas.

Avec :
- P : la pression du gaz en Pa (ou N. m-2),
- V : le volume en m^3
- T : la température en K
- R : **la constante des gaz parfaits** : R=8,31 J. kg-1.mol-1

/!\ Unités :

L'unité du système international (SI) de la température est le **Kelvin** (K). On convertit la température en °C en K de la manière suivante : T(K) = T(°C) + 273,15

Pour la pression on a 1 atm= 101 325Pa, 1 bar= 1.10^5 Pa, 1mmHg= 133,3 Pa et 1mm H_2O = 9,8 Pa.

Les volumes qui s'expriment en m^3. Pour rappel $1m^3 = 10^3L$ et $1L = 1dm^3$

II. Introduction à la thermodynamique

1. Définition de la thermodynamique

La thermodynamique est le domaine d'étude de la physique qui vise à comprendre les comportements des systèmes soumis à des échanges thermiques. Elle s'intéresse notamment aux transferts thermiques et mécaniques ainsi qu'aux états de la matière (transformations, échanges énergétiques...)

Pour décrire les systèmes thermodynamiques nous allons faire la différence entre les différents types de systèmes :

- Les **systèmes adiabatiques** quand il n'y a pas d'échange de chaleur. Exemple : une thermos
- Les **systèmes diathermiques** quand il y a des échanges de chaleur

On fait aussi la différence entre :

- Un système ouvert avec échange de matière et d'énergie
- Un système fermé avec échange d'énergie mais pas de matière
- Un système isolé où il n'y a ni échange de matière ni échange d'énergie

Pour définir les mécanismes on différencie les mécanismes **exothermiques** qui libèrent de la chaleur et ceux **endothermiques** qui en reçoivent.

Enfin on fait également la différence entre les grandeurs : **intensives** (la densité, la pression, la température…) qui ne vont pas dépendre de la taille du système et **extensives** (la masse, le volume) qui en dépendent.

2. Les principes de la thermodynamique

Il existe 3 principes fondamentaux :

c. Loi de refroidissement de Newton

« Deux corps mis en contact prolongé se mettent en équilibre thermique. Deux corps en équilibre thermique avec un troisième corps sont aussi en équilibre thermique entre eux. ».

Selon ce principe, un corps chaud transfère à un autre corps de température plus basse une partie de son énergie, emmagasinée sous forme de chaleur. On dit que cette chaleur est **échangée** (c'est toujours le plus chaud qui cède son énergie).

Par exemple, si on laisse une tasse de café chaude à température ambiante, au bout d'un certain temps, le café sera à température ambiante.

d. Premier principe

https://www.youtube.com/watch?v=yfbncOFsEKY&list=PLyyMJPO8QlkIGLZDaXKjJdU9CqeZ24e3h&index=14

Au cours d'un échange aucune énergie n'est produite ou détruite : elle ne peut que changer de forme. Un système fermé au repos échange de l'énergie avec le milieu extérieur soit sous forme de travail (W) soit sous forme de transfert thermique (Q) :

$$\boxed{\Delta U = W + Q}$$

- Energie interne U : c'est l'énergie propre d'un système, en Joule. C'est la somme de toutes les énergies internes d'un système. Augmente avec la température du système.
- Energie totale E_{tot} : c'est la somme de l'énergie cinétique, de l'énergie potentielle de pesanteur et de l'énergie interne d'un système : $E_{tot} = E_c + E_{pp} + U$ en Joule.
- Au repos, l'énergie d'un système à l'échelle macroscopique est une constante, c'est-à-dire que la somme de l'énergie cinétique d'un système et l'énergie potentielle de pesanteur est une constante. Ainsi, au repos, si l'énergie totale varie, c'est l'énergie interne qui varie.

3. Transferts thermiques

Capacité thermique : l'énergie à donner à un système pour augmenter sa température de 1 kelvin

Transfert thermique : transfert d'énergie entre le système et l'extérieur, implique une variation de température pour le système

$$Q = C \times \Delta T$$

Avec	• Q : transfert thermique en Joule • C : capacité thermique en $J.K^{-1}$: $C = m \times c$ (avec m la masse en kg et c la capacité thermique massique en $J.kg^{-1}.K^{-1}$) • ΔT : variation de température en Kelvin

Il existe 3 modes de transfert thermique :

- La conduction : par contact
- La convection : par mouvement de matière
- Le rayonnement : par le biais d'onde électromagnétique

Un transfert thermique se fait toujours du système qui a la température la plus élevée vers le système qui a la température la plus basse.

4. Flux thermiques

Le flux thermique permet d'évaluer la vitesse à laquelle se fait un transfert thermique.

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

Avec	• ϕ : le flux thermique en W • Q : le transfert thermique en Joule • Δt : le temps en seconde

5. Résistance thermique

La résistance thermique c'est l'opposition du système au flux thermique. Plus la résistance thermique est élevée, plus le flux thermique est faible.

$$\phi = \frac{T_c - T_f}{R_{th}}$$

Avec	• ϕ : le flux thermique en W • T_c : température la plus élevée en Joule • T_f : température la plus basse en Joule • R_{th} : résidence thermique en $K.W^{-1}$

III. Lois thermiques

1. Loi de Newton

Un thermostat est un objet dont la température reste constante.

$$\frac{dT}{dt} = -y \times (T - T_{th})$$

Avec	• $\frac{dT}{dt}$: taux de variation de la température du système $K.s^{-1}$ • y : constante en s^{-1} • T : température du système en Kelvin • T_{th} : température du thermostat en Kelvin

2. Loi de Stefan-Boltzmann

Tout corps perd de l'énergie par rayonnement. Cette loi définit la relation qui existe entre le flux thermique par unité de surface et la température d'un corps noir, objet qui émet sous forme de rayonnement toute l'énergie qu'il reçoit.

$$F = \sigma \times T^4$$

Avec	• F : Flux thermique par unité de surface en $W.m^2$ • σ = $5{,}67 \times 10^{-2}\ W.m^2.K^{-4}$ • T : température du corps noir en Kelvin

Exercices

Exercice 1 :

Préciser la nature exothermique ou endothermique de la sublimation.

Exercice 2 :

Un changement d'état s'effectue à température et pression constante, vrai ou faux ?

Exercice 3 :

On souhaite faire passer 50g de glace à -25°C à l'état liquide (eau à 10°C). Quelle quantité d'énergie faut-il fournir ? On donne la chaleur massique de l'eau :

C = 4180 J. $kg^{-1}K^{-1}$ et la chaleur de fusion de l'eau : L^{fus}_m = 333.103J. kg^{-1}

Exercice 4 :

On place 20mg de diazote (N_2) sous forme gazeuse dans un récipient à 15°C fermé hermétiquement. On considérera ce gaz comme étant parfait. Si le volume de ce récipient est égal à 2m^3, calculer la pression du gaz. M(N) = 7g. mol^{-1}

Exercice 5 :

A partir de la vidéo fournie et de la présentation du modèle des gaz parfaits présenter les postulats pour considérer qu'un gaz soit parfait ?

Exercice 6 :

Préciser si ces systèmes sont adiabatiques ou diathermiques :

1. Arbres
2. Piles électriques
3. L'eau qui bout dans une casserole
4. Un réfrigérateur
5. Végétaux dans un récipient en verre fermé
6. Un calorimètre
7. Une bougie allumée
8. Une Thermos

Exercice 7 :

Donner un exemple d'un système ouvert, d'un système fermé et d'un système isolé.

Exercice 8 :

Quelle est la variation d'énergie interne ΔU dans le cas où V=150L d'eau dans un récipient chauffé de t_1=15°C à t_2=60°C ?

Capacité thermique massique : $c_{eau} = 4{,}2 \times 10^3 J.kg^{-1}.K^{-1}$

Exercice 9 :

Quel est le transfert thermique Q de 388kg de yaourt passant de la température ambiante (t_1=25°C) à une chambre froide (t_2=6°C) ?

Capacité thermique massique des yaourts : $c = 3{,}8\ kJ.kg^{-1}.C^{-1}$

Exercice 10 :

Quel est le volume d'un gaz parfait de $8{,}6 \times 10^{-3} mol$ à t=25°C et pression de $8{,}5 \times 10^4$ Pa?

$$R = 8{,}314\ Pa.m^3.mol^{-1}.K^{-1}$$

Correction des exercices

Exercice 1 :

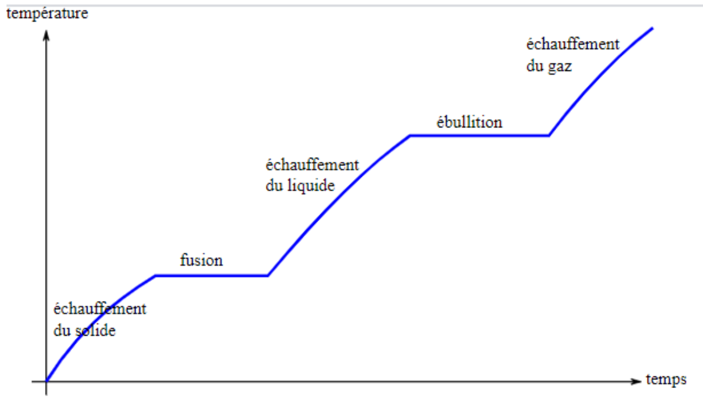
Préciser la nature exothermique ou endothermique de la sublimation.

La sublimation est une transformation **endothermique**. En effet, il faut **apporter** de l'énergie pour rompre les liaisons hydrogène de la glace et passer à un état gazeux dispersé et désordonné. En conséquence cette transformation est caractérisée par une absorption d'énergie, elle est donc endothermique.

Exercice 2 :

Un changement d'état s'effectue à température et pression constante, vrai ou faux ?

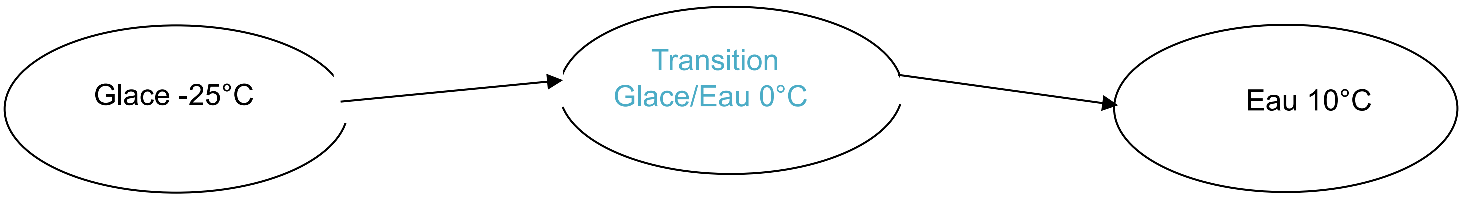
VRAI : L'agitation des molécules n'augmente ou ne diminue pas tant que toutes les molécules ne sont pas passées d'un état à l'autre : la température est donc constante pendant toute la durée de la transition. La pression étant liée au nombre de chocs, chocs précipités par l'agitation thermique, n'est donc pas non plus modifiée au cours d'un changement d'état.



Exercice 3 :

On souhaite faire passer 50g de glace à -25°C à l'état liquide (eau à 10°C). Quelle quantité d'énergie faut-il fournir ?
On donne la chaleur massique de l'eau : $C = 4180\ J.kg^{-1}K^{-1}$ et la chaleur de fusion de l'eau : $L^{fus}_{m} = 333.103 J.kg^{-1}$

On peut représenter la situation :



Pour rappel, on prend la température absolue (donc en Kelvin) cependant les différences entre deux températures sont identiques entre les Celsius et les kelvins.

On a : $Q_1 = 50.10^{-3} \times 4180 \times 25 = 5225\,J$

$Q_2 = 50.10^{-3} \times 333.103 = 16650\,J$

Et $Q_3 = 50.10^{-3} \times 4180 \times 10 = 2090\,J$

Donc : $Q_{totale} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 23965$ J

Exercice 4 :

On place 20mg de diazote (N_2) sous forme gazeuse dans un récipient à 15°C fermé hermétiquement. On considérera ce gaz comme étant parfait. Si le volume de ce récipient est égal à 2m³, calculer la pression du gaz. M(N) = 7g. mol⁻¹.

On utilise la loi des gaz parfaits : $PV = nRT$

On calcule la quantité de matière n :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{20 \times 10^{-3}}{14} \approx 1{,}43 \times 10^{-3} mol$$

On isole P : $P = \frac{nRT}{V} = \frac{1{,}43 \times 10^{-3} \times 8{,}31 \times (273{,}15+15)}{2} \approx 1{,}71\ Pa$

Exercice 5 :

A partir de la vidéo fournie et de la présentation du modèle des gaz parfaits présenter les hypothèses considéré pour qu'un gaz soit parfait ?

La **taille des particules** doit être négligeable devant le volume total du système et l'influence des **interactions intermoléculaires** doit également être négligeable (pas d'attraction ou de répulsion majeure entre les particules).

En LSPS on définit un gaz parfait selon 3 conditions :

- Le volume propre de chaque molécule est infinitésimal
- L'influence des forces intermoléculaires négligeable
- La durée du choc entre 2 molécules est nulle

Exercice 6 :

6 et 8 = adiabatique

1, 2, 3,4,5 et 7 = diathermique

Exercice 7 :

Système ouvert : cellule

Système fermé : tube à essai fermé

Système isolé : Thermos

Exercice 8 :

m = 150 kg

$$\Delta U = m \times c_{eau} \times (t_2 - t_1) = 150 \times 4{,}2 \times 10^3 \times (60 - 15) = 2{,}8 \times 10^7\ J$$

La variation d'énergie interne pour ce récipient d'eau est de $2{,}8 \times 10^7 J$.

Exercice 9 :

$$Q = m \times c \times (t_f - t_i)$$

$$Q = 388 \times 3{,}8 \times (6 - 25) = -28013{,}6\ kJ$$

Le transfert thermique de 388kg de yaourt rentrant dans une chambre froide est de -28013,6 kJ.

Exercice 10 :

On utilise ici la loi des gaz parfaits, ainsi la température doit être convertie en Kelvin.

$$T = 25° + 273{,}15 = 298{,}15\ K$$

Loi des gaz parfaits : $P.V = n.R.T$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{8{,}6 \times 10^{-3} \times 8{,}314 \times 298{,}15}{8{,}5 \times 10^{4}} = 2{,}5 \times 10^{-4} m^{3}$$

Le volume de ce gaz est de $2{,}5 \times 10^{-4}\ m^{3}$.

DYNAMIQUE DES FLUIDES

Cours

I. Hydrodynamique

1. Débit

Le débit volumique (D) : est le **volume d'un fluide qui passe par une section donnée par unité de temps.** Il s'exprime en $m^3.s^{-1}$:

$$D = \frac{V}{t} = \frac{S \times d}{t} = S \times v$$

Avec :
- ☐ V : le volume en m^3
- ☐ t : le temps en seconde
- ☐ S : l'aire de la section du tuyau en m^2 (Rappel : aire d'un cercle πr^2)
- ☐ d : la longueur du tuyau en m
- ☐ v : la vitesse du fluide en $m.s^{-1}$

On observe que d/t correspond à la vitesse d'écoulement du fluide (=v).

Nous avons également une loi des fluides parfaits qui nous dit qu'il y a une conservation du débit, c'est-à-dire : $D = D'$ ce qui revient à $Sv = S'v'$. Nous voyons donc que même si la section de surface change, la vitesse évolue en conséquence pour compenser ce changement et conserver l'égalité des débits.

L'effet Venturi : c'est le fait que, lorsque la section diminue, la vitesse augmente. Cela provient de la loi de conservation du débit.

2. Équation de Bernoulli (https://youtu.be/-2UKJbjca2o)

Elle s'utilise **uniquement dans certains cas** ; il faut que :
- La vitesse ne change pas au cours du temps à un endroit donné (= écoulement stationnaire),
- La masse volumique reste constante,
- Le liquide soit incompressible,
- Il y ait une absence de frottements

Ces conditions sont caractéristiques des fluides dits parfaits.

L'équation de Bernoulli s'écrit généralement de la manière suivante :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho \times v_1^2 + \rho \times g \times h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho \times v_2^2 + p \times g \times h_2 = constante$$

Avec :
- ☐ P : la pression en N
- ☐ ρ : la masse volumique en $kg.m^{-3}$
- ☐ h : l'altitude en m
- ☐ v : la vitesse du fluide en $m.s^{-1}$

Cette équation montre la **conservation de l'énergie** dans le cadre des fluides.

Sachant que :
- P représente la **pression hydrostatique** (cf. avant)
- $\frac{1}{2}\rho.v^2$ représente la **pression hydrodynamique**
- $p.g.h$ représente la **pression piézométrique**

3. Principe de Bernoulli :

Pour un fluide s'écoulant horizontalement, la pression exercée par celui-ci aux points où sa vitesse est élevée est plus faible que la pression exercée par ce même fluide aux points où sa vitesse est plus faible

→ Cela montre que si la vitesse augmente, la pression diminue et inversement.

Paradoxe de Venturi : ce paradoxe est le fait que lorsque la **section diminue** (donc que le diamètre du tube diminue), la **pression diminue** également. Ceci est paradoxal puisque la pression est une force par unité de surface. Or, ceci s'explique par la conservation des débits d'une part et d'autre part par l'équation de Bernoulli.

Démonstration (pour les plus curieux):

On reprend ici l'équation de Bernoulli $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + pgh_2$ dans une situation où l'écoulement est horizontal et où la section diminue.

- Comme l'écoulement est horizontal, on a $h_1 = h_2$ donc on peut simplifier l'équation qui devient $P_1 + \frac{1}{2}\rho \times v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho \times v_2^2$ en retirant la pression piézométrique.

- On cherche à prouver que la pression diminue autrement dit que $P_1 > P_2$ ou autrement dit que $P_1 - P_2 > 0$. Pour se faire on va donc isoler $P_1 - P_2$ dans notre équation: $P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho \times v_2^2 - \frac{1}{2}\rho \times v_2^1 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$.

- On cherche donc à étudier le signe de $\frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$. Or $\frac{1}{2} > 0$ et la masse volumique ρ est une constante positive également. Il faut donc calculer le signe de $v_2^2 - v_1^2$ pour connaître celui de $P_1 - P_2$. Or on a l'effet Venturi (Cf 1.1) qui indique que lorsque la section diminue, la vitesse augmente. Autrement dit on a: $v_2 > v_1 \Rightarrow v_2^2 > v_1^2 \Rightarrow v_2^2 - v_1^2 > 0$. Donc $\frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$ est un produit de facteur positifs et on a alors prouvé que $P_1 - P_2 > 0 \Rightarrow P_1 > P_2$.

Donc la pression diminue bel et bien quand la section augmente.

II. Viscosité et écoulement (https://youtu.be/MvG-o_loQa0)

1. Loi de Poiseuille et viscosité

La viscosité est un **état**. Elle caractérise la résistance à l'écoulement uniforme et sans turbulence qui se produit dans la masse d'une matière. Elle dépend de la température (elle diminue avec la température). S'il y a une viscosité, alors il y a des frottements ce qui ne correspond plus à la définition d'un fluide parfait. Nous nous trouvons alors dans un **fluide dit réel**.

Loi de Poiseuille : pour l'utiliser on a besoin d'un fluide newtonien qui est laminaire.

$$D = \frac{\Delta P.\pi.R^4}{8\eta.l}$$

Avec :
- ☐ D : le débit volumique
- ☐ ΔP : la différence de pression entre 2 points distincts
- ☐ R : rayon du cylindre
- ☐ l : la longueur séparant ces 2 points
- ☐ η : la viscosité en Poiseuille ($Pa.s$)

2. Écoulement et nombre de Reynolds (https://youtu.be/IFiqP7gV5q8)

On compte deux régimes d'écoulements :

a. Écoulement laminaire :

= Écoulement où les lignes de courant sont parallèles.
Pour rappel, une ligne de courant est la courbe représentant la trajectoire du fluide.
Nb : un écoulement laminaire est en opposition avec un écoulement turbulent (ou les lignes de courants ne sont pas parallèles.

b. Écoulement turbulent :

= Écoulement où les lignes de courant ne sont pas parallèles, pouvant parfois opérer un demi-tour.
On peut définir le régime d'écoulement d'un fluide en calculant le nombre de Reynolds (sans dimension)
Le nombre de Reynolds (sans dimension) caractérise un écoulement :

$$Rey = \frac{\rho . v . d}{\eta}$$

Avec :
- ☐ d : le diamètre du tuyau en m
- ☐ ρ : la masse volumique en $kg.m^{-3}$
- ☐ η : la viscosité en Poiseuille
- ☐ v : la vitesse du fluide en $m.s^{-1}$

Pour connaître le régime d'écoulement d'un fluide, on calcule le nombre de Reynolds de ce dernier et on le compare avec le nombre de Reynolds critique R_0. R_0=2100 est une constante sans unité. Ainsi
- Si **Rey<R_0** alors le régime d'écoulement est **laminaire**.
- Si **Rey>R_0** alors le régime d'écoulement est **turbulent**.

Un autre moyen de connaître le régime d'écoulement d'un fluide est de calculer sa vitesse critique. La vitesse critique est définie comme :

$$v_c = \frac{R_0 \times \eta}{\rho \times d} = \frac{2100 \times \eta}{\rho \times d}$$

Avec :
- ☐ d : le diamètre du tuyau en m
- ☐ ρ : la masse volumique en $kg.m^{-3}$
- ☐ η : la viscosité en Poiseuille

Cela fonctionne comme avec le nombre de Reynolds :
- Si **$v<v_c$** alors le régime est **laminaire**.
- Si **$v>v_c$** alors le régime est **turbulent**.

Autrement dit, si la vitesse d'un fluide est plus importante que sa vitesse critique, alors l'écoulement devient turbulent.

Exercices

Exercice 1

Calculer la vitesse critique d'un fluide dont la viscosité est égale à 3×10^{-3} Poiseuille, qui a une masse volumique de 1 g.cm^{-3} et passant par un trou de 5cm de diamètre.

Exercice 2

Parmi les propositions suivantes quelle(s) est (sont) la(les) réponses exactes et pourquoi ?

a. Il y a une conservation de l'énergie dans le cas des fluides parfaits.

b. Il y a une conservation de l'énergie dans le cas des fluides réels.

c. Il y a dans le cadre des fluides parfaits une conservation de la vitesse.

d. Il y a dans le cadre des fluides parfaits une conservation du débit.

Exercice 3

Calculer le débit d'un fluide de viscosité $\eta = 10^{-3}$ Poiseuille, dans un tube de 5cm de diamètre sur une longueur de 20 cm. On observe également un $P = 46$ mmHg.

On donne : $1\ mmHg = 133{,}3\ Pa$

Exercice 4

Calculer la surface de section du tube pour qu'un fluide parfait de $débit = 16L/min$ ait une vitesse de $18\ nm/s$. Indiquez ensuite l'évolution du débit si le diamètre du tube change.

Exercice 5 : Un tuyau de canalisation d'un diamètre d'1cm est fixé à même le sol dans une salle de bain. Il subit soudainement un rétrécissement de telle sorte que la section du tuyau rétréci correspond à 60% de la section du tuyau avant rétrécissement. On sait aussi qu'avant rétrécissement, la pression qui règne dans le tuyau est de 3 bar et que la vitesse de l'eau qui s'y écoule, considérée comme un fluide parfait, est de $v = 30m.s^{-1}$. Calculer la différence de pression entre le segment rétréci et le segment normal du tuyau.

On donne : $\rho_{eau} = 1000kg.m^{-3}$ et $1\ bar = 10^5Pa$.

Exercice 6 : Dans ton jardin, tu as posé la fin de ton tuyau d'arrosage, initialement à terre, sur une table mais tu as oublié de l'éteindre ! On considère que la vitesse de l'eau qui s'y écoule, considérée comme un fluide parfait, ne change pas entre par terre et sur la table. Cependant, la pression dans le tuyau a chuté de 9810 Pa au niveau de la table. Quelle est la hauteur de ta table ?

On donne : $\rho_{eau} = 1000kg.m^{-3}$ et $g = 9{,}81m.s^{-2}$.

Exercice 7 : Quelles sont la ou les propositions exactes ?

A. Le débit est inversement proportionnel à la viscosité

B. Le débit est inversement proportionnel au rayon

C. Le nombre de Reynolds est proportionnel à la viscosité

D. La vitesse critique d'un fluide est inversement proportionnelle au diamètre du tuyau qu'il traverse.

Exercice 8 Dans un vaisseau sanguin de section $S = 8{,}8 \times 10^{-7} m^2$, le débit sanguin est de $D = 88 \times 10^{-9} m^3.s^{-1}$. L'écoulement de ce vaisseau est de type laminaire **VRAI/FAUX**

On donne : $\rho_{sang} = 1060\ kg.m^{-3}$ et $\eta_{sang} = 3 \times 10^{-3} Pa.s.$

Exercice 9 : Quelles sont la ou les propositions exactes ?

A. Dans l'équation de Bernoulli, correspond à la pression hydrostatique.

B. Lorsque un fluide s'écoule horizontalement, sa pression diminue si la section d'écoulement augmente.

C. L'équation de Bernoulli fait appel à la conservation de l'énergie

D. La pression hydrodynamique d'un fluide fait intervenir sa masse volumique

Correction des exercices

Exercice I :

Pour cet exercice, nous utilisons la formule de la vitesse critique soit :

$$vc = \frac{2100\eta}{\rho d}$$

D'après l'énoncé, nous avons $\eta = 3 \times 10^{-3}$ Poiseuille, la diamètre $d = 5cm = 5 \times 10^{-2}m$ (attention aux conversions). Et $\rho = 1g.cm^{-3} = 10^3\ kg.m^{-3}$ (attention à bien utiliser les unités du système international). En remplaçant toutes ces valeurs dans la formule précédente, nous obtenons :

$$v_c = \frac{2100\eta}{\rho d} = \frac{2100 \times 3.10^{-3}}{10^{-3} \times 5.10^{-2}} = 0{,}126\ m.s^{-1} = 12{,}6\ cm.s^{-1}$$

Exercice 2

Parmi les propositions suivantes quelle(s) est (sont) la(les) réponses exactes et pourquoi ?

a. **VRAI**, pour qu'il y ait conservation de l'énergie (démontré par le principe de Bernoulli), il y a plusieurs conditions à remplir. Parmi ces conditions, il y a le fait qu'il ne doit pas y avoir de frottements ce qui correspond à la définition d'un fluide parfait.

b. **FAUX**, voir a).

c. **FAUX**, dans le cadre d'un fluide parfait, il y a une conservation du débit. Cependant, la vitesse peut être amenée à changer pour compenser une sténose (rétrécissement) par exemple. Nous aurons donc : $D = D' \Leftrightarrow Sv = S'v'$.

d. **VRAI**, voir c).

Exercice 3

Dans cet exercice, on nous demande de calculer un débit dans un fluide réel, pour cela, nous utilisons la formule de poiseuilles : $D = \frac{\Delta P.\pi.R^4}{8\eta.l}$

Dans l'énoncé, nous avons $l = 20\ cm = 20 \times 10^{-2}\ m, \eta = 10^{-3}$ Poiseuilles, le diamètre $d = 5\ cm$ soit $r = 2{,}5cm = 2{,}5 \times 10^{-2}\ m$. Enfin, la pression nous est donnée en **millimètres de mercure**, cependant il faut bien penser à convertir cette unité en Pa qui est l'unité du système international. On convertit donc notre pression : $1\ mmHg = 133{,}3\ Pa \Rightarrow 46\ mmHg = 133{,}3 \times 46 = 6131{,}8Pa$. Donc :

$$D = \frac{\pi \times (2{,}5.\times 10^{-2})^4 \times 6\,131{,}8}{20 \times 10^{-2} \times 10^{-3} \times 8} = 4{,}7\ m^3.s^{-1}$$

Exercice 4

Pour cette question, il faut déjà convertir avec les bonnes unités. Ainsi

$$D = 16L.min^{-1} = \frac{16}{60} \times 10^{-3}m^3.s^{-1}$$

$$v = 18\ nm.s^{-1} = 18 \times 10^{-9}m.s^{-1}$$

Ensuite, nous savons que le débit se calcul comme $D = Sv$. Donc pour avoir la section S :

$$S = \frac{D}{v} = \frac{\frac{16}{60} \times 10^{-3}}{18 \times 10^{-9}} = 14\,814{,}8\ m^2$$

Enfin, et comme nous l'avons vu, dans un fluide parfait le débit est constant et si l'un des facteurs change, alors l'autre facteur changera en sens inverse (par exemple le diamètre diminue, alors la vitesse augmentera d'un même facteur).

Exercice 5 :

Pour calculer la différence de pression entre avant et le rétrécissement, on va utiliser l'équation de Bernoulli : $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + p g h_2$

Seulement, on va la simplifier un petit peu :

- Déjà le tuyau reste toujours fixé au sol, on peut donc considérer que $h_1 = h_2$ et donc que l'on peut retirer la pression piézométrique de l'équation car $\rho g h_1 = \rho g h_2$.
- Il nous manque donc plus que la vitesse v_2 qui règne dans le tuyau après rétrécissement. Pour la calculer, on utilise la loi de conservation du débit. En effet, dans un tuyau le débit est toujours le même peu importe où on se situe. On peut en déduire que : $D_1 = D_2 \Rightarrow v_1 S_1 = v_2 S_2$

  Or on sait que S_2 correspond à 60% de S_1, où dit autrement : $S_2 = 0,6 S_1$.

  L'équation du débit devient : $v_1 S_1 = v_2 \times 0,6 S_1 \Rightarrow v_1 = 0,6 v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{v_1}{0,6} = \frac{0,3}{0,6} = 0,5\, m.s^{-1}$.

On peut donc réarranger l'équation de Bernoulli comme suit :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \Rightarrow P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$$

Donc : $P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \times 1000 \times (0,5^2 - 0,3^2) = 80\ Pa$

La pression aura donc chuté dans le rétrécissement de 80 Pa.

Exercice 6

Dans cet exercice on aura à nouveau besoin de l'équation de Bernoulli : $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + p g h_2$

Seulement ici on nous indique que la vitesse ne change pas dans le tuyau, autrement dit $v_1 = v_2 \Rightarrow v_1^2 = v_2^2$ et on peut donc simplifier notre équation en enlevant la pression hydrodynamique ($\frac{1}{2}\rho v_1^2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2$).

De plus, comme le tuyau est initialement par terre, on considère que $h_1 = 0 \Rightarrow \rho g h_1 = 0$.

Notre équation devient alors : $P_1 = P_2 + p g h_2$ que l'on peut réarranger comme suit :

$$P_1 - P_2 = \Delta P = \rho g h_2 \Rightarrow h_2 = \frac{\Delta P}{\rho g}$$

Donc $h_2 = \frac{9810}{1000 \times 9,81}$. La table est donc haute de 1m.

Exercice 7

A. **VRAI**, on rappelle que selon la formule de Poiseuille $D = \frac{\Delta P.\pi.R^4}{8\eta.l}$.

B. **FAUX**, le débit est proportionnel au rayon élevé à la puissance quatre.

C. **FAUX**, on rappelle que le nombre de Reynolds est défini par $Rey = \frac{\rho.v.d}{\eta}$, il est donc inversement proportionnel à la viscosité

D. **VRAI**, c'est dans la formule de la vitesse critique : $v_c = \frac{2100\eta}{\rho d}$.

Exercice 8 VRAI

Pour résoudre cette question on calcule le nombre de Reynolds :$Rey = \frac{\rho.v.d}{\eta}$.

On connaît toutes les valeurs dont on a besoin sauf la vitesse que l'on calcule à partir de D et S :

$$D = v \times S \Rightarrow v = \frac{D}{S} = \frac{88 \times 10^{-9}}{8{,}8 \times 10^{-7}} = 0{,}1\, m.s^{-1}$$

Attention aussi avant de calculer le nombre de Reynolds à avoir la bonne valeur du diamètre, que l'on calcule à partir de la section : $S = \pi r^2 = \pi(\frac{d}{2})^2$ donc $\frac{d}{2} = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \Rightarrow d = 2 \times \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 2 \times \sqrt{\frac{8{,}8\times10^{-7}}{\pi}}\ \ m.$

Ainsi on peut donc calculer le nombre de Reynolds pour ce vaisseau :

$$Rey = \frac{\rho.v.d}{\eta} = \frac{1060 \times 0{,}1 \times 2 \times \sqrt{\frac{8{,}8 \times 10^{-7}}{\pi}}}{3 \times 10^{-3}} = 37{,}4$$

Or $R_0 = 2100$ est bien supérieur au nombre de Reynolds de notre vaisseau, l'écoulement est donc bien laminaire.

__Autre méthode__

Après avoir calculé la vitesse du sang dans le vaisseau, on peut comparer cette vitesse à la vitesse critique : $v_c = \frac{2100\eta}{\rho d} = \frac{2100\times3\times10^{-3}}{1060\times2\times\sqrt{\frac{8{,}8\times10^{-7}}{\pi}}} = 5{,}6 m.s^{-1}$ ce qui est bien supérieur à notre vitesse, l'écoulement est donc bien laminaire.

Exercice 9

A. **FAUX**, $\frac{1}{2}\rho v^2$ correspond à la pression hydrodynamique. La pression hydrostatique correspond à la composante P.

B. **FAUX**, c'est quand la section diminue que la pression diminue. C'est le paradoxe de Venturi !

C. **VRAI**

D. **VRAI** on rappelle que la pression hydrodynamique est définie comme $\frac{1}{2}\rho v^2$ avec ρ la masse volumique.

Nous avons besoin de ton avis

Trop compliqué ou au contraire trop facile ? Un chapitre t'a semblé peu compréhensible ? Tu penses avoir remarqué des erreurs ? N'hésite pas à nous faire un retour sur ce que tu as pensé du contenu de ce cahier.

Tes remarques nous permettrons d'adapter et de perfectionner cette remise à niveau au fur et à mesure des années.

Nous te remercions pour ton retour et nous espérons que ce cahier t'aura été utile.

L'équipe du Tutorat