Fiche n°1 (ronéos 1+2) : Physique générale

I. Mécanique newtonienne

'Le but de la mécanique est de comprendre et prédire le mouvement d'un objet'

A. Référentiel

Le mouvement d'un corps **ponctuel/étendu** est étudié de façon **quantitative** en fonction d'un référentiel *R* constitué de :

- Un repère **mathématique**, composé d'un **point d'origine O** et de **3 vecteurs unitaires orthonormaux (dans le cas d'un référentiel orthonormé)**
- Un repère **temps** = horloge

Tout point M **en mvt** par rapport à O est repéré par **3 coordonnées** qui sont **fct° du tps**. La **trajectoire** de M est l'**ensemble des positions successives** occupées par M **au cours du temps**. On peut définir une **vitesse** et une **accélération** pour la trajectoire de ce point.

B. Cinématiques d'objets ponctuels

1. Vecteur vitesse

Définition : dérivé de la fonction position en fonction du temps

$$\vec{v} \cong \frac{\overrightarrow{OM}(t+\Delta t) - \overrightarrow{OM}(t)}{\Delta t}$$

NB : cette formule est une bonne approximation si Δt est suffisamment petit

Propriété du vecteur vitesse (+++) : Le vecteur vitesse est TOUJOURS TANGENT à la trajectoire de M au point qu'il occupe à l'instant T

NB1 : cette année, le prof a évoqué la notion de vitesse radiale, mais elle est tout le temps nulle, excepté dans le cas d'un mouvement ellipsoïde.

*NB2 : dans le cas d'un **choc**, il n'y a **pas de notion de dérivée** parce que la **trajectoire** est **singulière**.*

2. Vecteur accélération

Définition : l'accélération est la dérivée du vecteur vitesse par rapport au temps

$$\vec{a} \cong \frac{\vec{v}(t+\Delta t) - \vec{v}(t)}{\Delta t}$$

NB : ici encore, il s'agit d'une approximation dans le cas où Δt est suffisamment petit.

L'accélération est la somme vectorielle de :

- $a_T(t)$: composante tangentielle → **colinéaire** à v(t)
  → si **mouvement circulaire uniforme** $a_T(t)=0$
- $a_N(t)$: composante normale → **perpendiculaire** à v(t)
  → **toujours** dirigé vers l'**intérieur (= centripète +++)**
  → si **mouvement est rectiligne**, $a_N(t)=0$

Cas du mouvement circulaire uniforme :
Le vecteur vitesse tourne avec une **vitesse angulaire** ω exprimée en **rad.s^{-1}**

→ le mouvement est purement **centripète**, de sens opposé à OM(t) → la composante tangentielle est nulle, contrairement à la composante normale. On a donc (+++) :

$$\boldsymbol{v = \omega r}$$

$$\boldsymbol{\omega = \frac{v}{r}}$$

$$\boldsymbol{a = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}}$$

On a également les formules $\|OM(t)\| = \sqrt{x^2+y^2+z^2} = r$ *ainsi que* $v = \sqrt{v_x^2+v_y^2+v_z^2} = \omega r$ *qui ne sont pas des plus importantes.*

C. Dynamique du centre d'inertie de points matériels

La **quantité de mouvement** totale se définit par le vecteur $\vec{P}$, avec m = masse totale (constituée d'autres petites masses ponctuelles m_i) et $\vec{v}_G$ la vitesse du centre d'inertie :

$$\vec{P} = m\vec{v}_G$$

NB : *le centre d'inertie n'est pas à confondre avec le centre géométrique ! Les deux sont distincts si l'objet est inhomogène !*

Les 3 lois de Newton :

1ère loi : Principe d'inertie de Galilée

= loi de **conservation de la qdm**

Définition : La qdm est **constante** ssi la **somme des forces extérieures** qui s'appliquent sur le corps est **nulle**. Inversement, si la **somme des forces extérieures** est **nulle**, alors la **qdm** est **constante**.

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = 0 \leftrightarrow \vec{F}_{tot} = 0$$

Nouveauté de cette année : Le prof prend l'exemple d'une explosion : il s'agit d'une force interne, donc le centre d'inertie continue sa trajectoire et l'ensemble des morceaux sont contraints par le principe d'inertie

2ème loi de Newton : Principe fondamental de la dynamique

Définition : La **variation de la quantité de mouvement** est égale à la **somme des forces extérieures**

Cette loi s'applique dans le cas d'une masse constante et d'une variation de la vitesse (la qdm n'est plus constante). On a donc :

$$m\vec{a} = \Sigma\vec{F}_{ext}$$

Cette loi est une généralisation de la première.

3ème loi de Newton : Principe d'action/réaction

Définition : Si un corps A exerce sur un corps B une force alors B exerce sur A une force telle que :

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = -\overrightarrow{F_{B/A}}$$

D. Exemples de forces

On distingue les forces à distance (gravitationnelle, électrique) des forces de contact (frottement, de rappel).

1. Force gravitationnelle

Propriété : TOUJOURS attractive

$$\vec{F}_{a/b} = -G\frac{m_a . m_b}{r^2}\hat{r}$$

Point unités
- $\boldsymbol{m}$ en kg
- $\boldsymbol{r}$ en m
- $\boldsymbol{G} = 6{,}7.10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$
- $\boldsymbol{g} = 9{,}81\ m.s^{-2}$
- $\boldsymbol{k} = 9.10^9\ N.m^2.C^{-2}$

<u>Cas particulier :</u> La force de pesanteur à la surface de la Terre (le champ de pesanteur est considéré comme constant à la surface de la Terre)

$$\vec{F}_T = -mg\vec{k}$$

<u>NB</u> : La force de pesanteur varie d'une planète à une autre

2. Force de Coulomb

<u>Propriété :</u> elle est dite **<u>additive</u>**, elle est **attractive** pour 2 charges de **<u>signes opposés</u>** et **répulsive** pour 2 charges de **<u>même signe.</u>**

$$\vec{F}_{a/b} = k\frac{q_a . q_b}{r^2}\hat{r}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon 0}$$

<u>Remarque :</u> bien que la force de Coulomb ressemble beaucoup à la force gravitationnelle (par le merveilleux « hasard » de la physique), il est intéressant de noter que G est très petit, alors que k est très grand (donc la première s'exerce à l'échelle astronomique tandis que la seconde s'exerce à l'échelle microscopique).

3. Champ électrique

<u>Définition :</u> un champ électrique est la **force électrique** qui s'exercerait sur une charge unité placée en ce point.
<u>Propriété :</u> l'ensemble des vecteurs correspond au champ électrique qui devient **une fonction de la position**

$$\vec{F} = q.\vec{E}$$

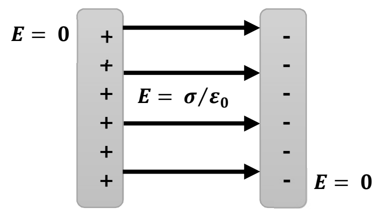
<u>Point unités</u>
- q=1
- $\boldsymbol{E}$ en $N.C^{-1}$ ou en $V.m^{-1}$

<u>NB</u> : l'EEG se base sur les champs électriques créés par les variations de potentiel électrique = les potentiels d'action.

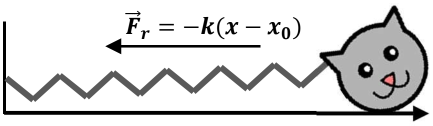
<u>LE CHAMP ELECTRIQUE VA DU + VERS LE -</u>

<u>Cas particulier :</u> Champ électrique entre deux plaques chargées
On a une **<u>distribution plane de charges</u>**, de **densité σ**. Le champ électrique <u>à l'extérieur</u> de ces plaques est **nul** et **constant** <u>entre ces plaques</u>, de valeur :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$



4. Force de rappel d'un ressort



$$\vec{F}_r = -k(x - x_0)\vec{i}$$

5. Force de frottement sec dynamique (tribologie)

(Solide/solide)

<u>Point unités</u>
- $\boldsymbol{k}$ en $N.m^{-1}$
- $\boldsymbol{x - x_0}$ = allongement du ressort
- $\boldsymbol{\mu_d}$ → sans unité

$$\vec{F}_s = -\mu_d.R.sign(\vec{v})$$

$$\vec{R} = -m\vec{g}\ (= mg\vec{k})$$

Elle dépend de :
- R, la **<u>résistance</u>**, la réaction du support :
- μ_d, **<u>coefficient de frottement se dynamique</u>** → dépend de la nature du contact

<u>/!\</u> NON proportionnelle à la **vitesse**, non proportionnelle à la **surface** !

6. Force de frottement visqueux (petite vitesse)

<5 $m.s^{-1}$ dans

(Solide/liquide)
S'applique pour un corps se déplaçant dans un **fluide** et **s'oppose** au mouvement

$$\vec{F} = -\beta\vec{v}$$

$$\beta = 6\pi R\eta$$ dans le cas d'une boule

/!\ **proportionnelle** à la vitesse !

Point unités
- β = coefficient de viscosité, en $N.m^{-1}$
- η = coefficient de viscosité dynamique du fluide, en $N.s.m^{-2}$
- R = rayon de l'objet, en **m**
- ρ = masse volumique, en $kg.m^{-3}$
- S = surface apparente de l'objet, en m^2
- c_x = coefficient de traînée, sans dimension
- V = volume en m^3

7. Force de trainée (grande vitesse)

S'oppose au mouvement, dans le cas d'un objet à grande vitesse (ex : voiture sur l'autoroute). Le coefficient de traînée c_x caractérise la forme de l'objet.

$$\vec{F}_T = -\frac{1}{2}\rho.S.c_x.v.\vec{v}$$

/!\ proportionnelle **au carré** de la vitesse !

8. Poussée d'Archimède

C'est une force qui a pour origine la **pression du fluide**. **Elle est dirigée vers le haut** :

$$\vec{F}_A = \rho.V_i.g.\vec{k}$$

Elle permet de définir la **flottabilité** :

$$\rho.V_i = m$$

(Ici il y a une incohérence dans la ronéo, donc j'attends la réponse du prof avant d'apporter plus de précisions sur la flottabilité. J'ajouterai ces précisions dans le centre de téléchargement lorsqu'elles seront disponibles)

NB : *Le* ***point d'application de la poussée d'Archimède*** *est le* ***centre géométrique*** *contrairement à celui du* ***poids*** *qui est le* ***centre d'inertie*** *!*

Remarque : $\rho.V_i$ correspond à la **masse** équivalente de l'objet immergé $\rho.V_i.g$ au **poids** équivalent.

E. Exemples d'application du PFD

1. Trajectoire d'une masse m dans un champ de force constant

On étudie le cas avec une seule force, selon un seul axe « z » → s'applique à la chute libre
Par tout un raisonnement (détaillé dans la fiche annexe), on obtient pour la chute libre :

$$z(t) = h + v_0.t - \frac{at^2}{2}$$

$$x(t) = v_0.t$$

Cette situation s'applique aussi à d'autres cas :

- Champ électrique constant : $a = \frac{q.E}{m}$
- Force de frottement sec : $a = -\mu.g$

Grâce au PFD, on sait que $\vec{F} = m\vec{a}$, on a donc $\vec{a} = \vec{F}/m$

2. Chute d'une particule dans un fluide lorsqu'elle est soumise à une force de frottement visqueux

On a 2 forces en présence : une force **frottement visqueux** qui s'oppose au mouvement et la force de **pesanteur** dans le sens du mouvement. On va pouvoir calculer la vitesse limite ; dans un fluide un objet va voir sa vitesse augmenter, son accélération aussi jusqu'à atteindre une valeur nulle → l'objet atteint sa vitesse « max » → sa vitesse limite. Cette v_{lim} existe car la force de pesanteur est « freinée » par les forces de frottement.

$$m\frac{dv_x}{dt} = mg - \beta v_x$$

$$v_{lim} = \frac{mg}{\beta}$$

La vitesse limite est ici supérieure à 0.

3. Chute d'une particule dans un fluide lorsqu'elle est soumise à une force de frottement visqueux + poussée d'Archimède

(Ici on utilisera un axe dirigé vers le bas)
La poussée d'Archimède va ralentir voire inverser le mouvement

Formules :

$$m\frac{dv_x}{dt} = mg - \beta v_x - \rho V_i . g$$

$$v_{lim} = \frac{g(m - \rho V)}{\beta}$$

Ici la vitesse limite peut être inférieure à 0 car si $m < \rho . V$ → l'objet remonte à la surface.

4. Mouvement d'un objet dans un fluide lorsqu'il est soumis à une force constante et une force de trainée

Formules :

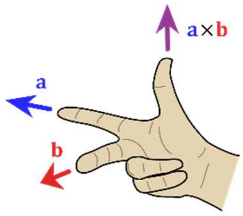
$$m\frac{dv_x}{dt} = F^{mot.} - \frac{1}{2}\rho . S . c_x v^2$$

$$v_{lim} = \sqrt{\frac{2F(mot)}{\rho S c_x}}$$

À la vitesse limite, l'énergie mécanique est conservée mais le système est non conservatif à cause des forces de frottements !

II. Dynamique de rotation

A. Le produit vectoriel



Le produit vectoriel est le **produit de 2 vecteurs**, il est dit **antisymétrique**.
→ **direction** = perpendiculaire (au plan défini par les 2 premiers vecteurs)
→ **norme** = $\vec{c}$

$$\vec{a} \wedge \vec{b} = \vec{c}$$

$$\|\vec{c}\| = a.b.\sin\theta$$

Si les vecteurs sont **parallèles** (alignés) → le produit vectoriel est **NUL**, mais il est **maximal** si les vecteurs sont **perpendiculaires**

B. Le moment de force

Il décrit la façon dont la **force F** tend à faire **tourner** **OM** (notion de **force tournante**) si **O est fixé**. Le produit vectoriel va caractériser **l'efficacité de la force tournante** (rappel : **max** si vecteurs ⊥, **nul** si vecteurs //).

$$\vec{\Gamma} = \boldsymbol{OM} \wedge \vec{F}$$

C. Le moment angulaire/moment cinétique

Définition : Le moment angulaire est la somme des **vecteurs positions *r*** et des **vecteurs vitesse *v*** d'un **ensemble de masse m**.
C'est une généralisation de la **2^nde^ loi de Newton** (PFD) dans le cas d'une **rotation**.
Remarque : Le moment cinétique J a un rôle analogue à la **quantité de mouvement** dans un **système de rotation**. *(non dit 2018-2019)*

$$\vec{J} = I.\vec{\omega}$$

D. Le moment d'inertie

On observe un moment d'inertie qd un objet tourne autour d'un axe de symétrie défini. Il détermine la difficulté à faire tourner l'objet.
On a en général 3 moments d'inertie pour décrire le moment d'inertie d'un objet complexe. Pour un corps humain, on a : $I_y < I_z < I_x$

Masse ponctuelle/roue creuse	Disque en rotation/roue pleine/cylindre plein	Sphère
$I = mr^2$	$I = \frac{1}{2}mr^2$	$I = \frac{2}{5}mr^2$

E. Rotation libre

La somme des moments de force extérieurs s'annule (1^ère^ loi de Newton).
Le **moment angulaire est conservé (= constant)**, donc un objet **étendu** peut tourner sur lui-même en **l'absence d'interaction extérieure.**

Puisque $J = I.\omega = cste$ on en déduit que :

- La vitesse angulaire ω est constante si et seulement si I est constant.

Si I varie au cours du temps, la vitesse angulaire doit varier en sens inverse.

Effet gyroscopique :
- un élément en rotation est **plus stable** qu'un objet au repos
- un objet qui tourne sur lui-même oppose une **résistance** au **changement d'orientation** de son axe de rotation
- en absence d'interaction l'**orientation conservée**

F. Mouvement de précession

Définition : l'axe de rotation d'un objet (exemple : toupie) tourne autour de la verticale.
Le moment de force va être lié à la force de pesanteur :

- Si la toupie est verticale → $\vec{\Gamma} = 0$
- Si la toupie est inclinée → $\vec{\Gamma} \neq 0$ on a $\vec{\Gamma}_{tot} = \vec{r} \wedge m\vec{g}$

On peut définir la vitesse angulaire autour de l'axe verticale :

$$\Omega = \frac{mgl}{I\omega}$$

On suppose que $\Omega \ll \omega$

/!\ si la vitesse de rotation de la toupie sur elle-même diminue, la vitesse angulaire autour de l'axe vertical augmente

NB : *Le mouvement de précession est dirigé dans le même que le sens de rotation (non dit cette année)*

III. Formalisme du potentiel

A. Travail d'une force

Point unités
- $W = travail$, s'exprime en $J = N.m = 1kg.m^2.s^{-2}$

Définition : énergie fournie pour déplacer un objet de A à B

$$W_{AB} = \int_{x_A}^{x_B} F_x(x)dx$$

Le travail est : **moteur** si $W_{AB}>0$
résistant si $W_{AB}<0$

Point forces : On peut définir les 2 types de forces déjà vues en fonction du travail

Forces conservatives	Forces non conservatives (dissipatives)
Le travail ne dépend que des positions initiale et finale *Ex :* coulomb, pesanteur, ressort	Le travail dépend du chemin suivi, (consomment de l'énergie) *Ex : forces de frottement*

Exemples de forces :

Pesanteur	$W_{AB} = mg(x_A - x_B)$
De rappel	$W_{AB} = \frac{k}{2}(x_A^2 - x_B^2)$
De Coulomb	$W_{AB} = kQq(\frac{1}{x_A} - \frac{1}{x_B})$

B. L'énergie potentielle

La **variation d'énergie potentielle** d'un objet soumis à une **force conservative F** est définie par :

$$U_F(B) - U_F(A) = W_{BA}$$

Cette formule n'est pas utilisable si on est en présence d'une force dissipative

NB : Vous verrez dans la ronéo (et donc pendant le cours du prof) qu'on parle aussi d'une fonction énergie potentielle définie à une constante près. Ici je ne vous l'ai pas mise parce qu'en pratique on ne l'utilise pas, le prof lui-même dans son diapo dit qu'on définit le plus souvent cette constante comme égale à 0. Apprenez-la quand même par acquis de conscience quand vous la verrez 😉.

C. Potentiel électrique

Différence de potentiel électrique entre B et A = **tension électrique** entre B et A = **travail de la force électrique** sur une **charge unité** q=1 se déplaçant de B à A
i.e. différence de potentiel électrique entre 2 points = **différence d'énergie potentielle** d'une charge unité entre ces 2 points.

$$V(B) - V(A) = W_{BA,\ q=1}$$

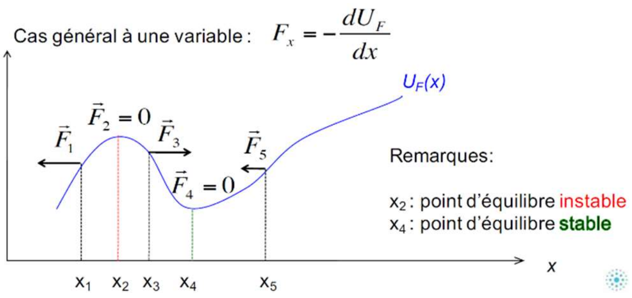
Point unités
- Tension électrique en $V = J.C^{-1} = 1kg.s^{-2}.C^{-1}$

Point cellules : Il existe une **différence de potentiel électrique** entre l'intérieur et l'extérieur dans les cellules vivantes qui vaut $-70mV$.
Le travail de cette tension est donc **résistif** car **négatif**, il faudra **amener** de **l'énergie** pour effectuer les transports au sein de la cellule.

D. Relation force-énergie potentielle

On définit la force comme l'opposée de la dérivée de l'énergie potentielle

$F_x = -\dfrac{dU_F}{dx}$	
$U_P(x) = mgx + const$	$F_x = -mg$
$U_P(x) = \dfrac{kx^2}{2} + const$	$F_x = -kx$
$U_P(x) = \dfrac{kQq}{x} + const$	$F_x = k\dfrac{Qq}{x^2}$



On peut obtenir un graphique à partir de ce tableau pour mieux se représenter la situation. La courbe bleue représente les différentes valeurs de l'**énergie potentielle** d'un objet (les valeurs sont arbitraires, c'est un simple exemple).

On obtient alors **2 types de points d'équilibre**, un **stable** (au fond d'une « vallée » (minimum)) et un point **instable** (au sommet d'une « colline » (maximum)).

E. Énergie cinétique et énergie mécanique

Théorème de l'énergie cinétique : la différence d'énergie cinétique entre deux points A et B est égale au travail des forces extérieures.

1. Définition

L'**énergie cinétique** se définit comme : $E_C = \dfrac{1}{2}mv^2$

On peut retrouver la valeur du travail grâce au **théorème de l'énergie cinétique** :

$$E_C(B) - E_C(A) = W_{AB}^{(ext)}$$

2. Exemple avec une force dissipative

Le théorème de l'énergie cinétique va par exemple nous permettre de mesurer des coefficients de frottement sec. Soit un objet en mvt qui s'immobilise soudainement.

Sa variation d'énergie cinétique vaut : $E_C(B) - E_C(A) = W_{AB}^{(ext)} = -\dfrac{1}{2}mv^2$

On a alors : $F_s = \mu_d . mg$ **Donc :** $\mu_d = \dfrac{v^2}{2gd}$

3. Exemple avec une force conservative : notion d'énergie mécanique

Loi de conservation de l'énergie mécanique : si les forces extérieures sont conservatives, il y a conservation de l'énergie totale du système au cours du temps.
On a donc :

$$E_C(B) + U(x_B) = E_C(A) + U(x_A)$$

→ si l'énergie cinétique augmente alors l'énergie potentielle diminue et inversement

Énergie mécanique	Ressort horizontal	Ressort vertical
$E^{méca} = \dfrac{1}{2}mv^2 + U(x)$	$E^{méca} = \dfrac{1}{2}mv^2 + \dfrac{1}{2}kx^2$	$E^{méca} = \dfrac{1}{2}mv^2 + \dfrac{1}{2}k(x - x_0)^2 + mgx$

NB : un certain nombre de problèmes se résolvent plus facilement en passant par l'énergie mécanique totale qu'en passant par les lois de Newton (après il faut être à l'aise avec ça) (je pose ça là comme ça)

IV. Étude d'un dipôle électrique

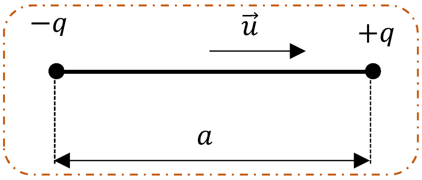
<u>Moment dipolaire time</u>
- Va de q- à q+
- Unité : C.m

A. Définition

Un dipôle électrique est une **<u>distribution de charges</u>** (-q et +q) placées en 2 points A et B séparés d'une distance d formant un **<u>champ électrique allant de la charge – à la charge +</u>**. Il peut être associé à un vecteur appelé moment dipolaire :

2 types de matériaux : **isolants** et **conducteurs**. **La plupart des éléments sont neutres** avec une **répartition asymétrique** de leurs **charges**, on parle de **dipôles**

$$\vec{p} = aq\hat{u}$$



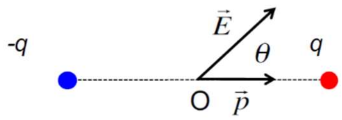
B. Dipôle électrique dans un champ électrique

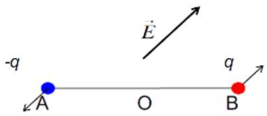
Pour un dipôle électrique dans un champ électrique, la charge + ressent une **<u>force de $\hat{m}$ sens</u>** (**parallèle**) que le champ, la charge -, une **<u>force de sens opposé</u>** (**antiparallèle**)
⇒ couple de forces faisant tourner le dipôle jusqu'à ce que le moment de force s'annule.
Le **<u>moment de force</u>** s'appliquant est :

$$\vec{\Gamma} = \vec{p} \wedge \vec{E}$$

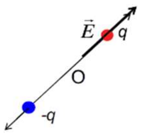
<u>Et comment ça se traduit d'un point de vue énergie potentielle ?</u>

L'**énergie potentielle** associée est $U = -\vec{p}.\vec{E}$ ce qui nous donne : $U = -p.E.\cos(\theta)$





→ elle dépend donc de l'**angle** entre le **dipôle** et le **champ**, est **maximale** quand l'angle vaut $\pi\ rad$, **minimale** quand il vaut $0\ rad$.
Ainsi le dipôle va tendre à **s'aligner avec le champ élec**. On aura 2 cas possibles :



- soit la charge + se place du côté – du champ élec (et inversement) → on obtient un **<u>point d'équilibre stable</u>** (minimum d'énergie potentielle).
- soit la charge + se place du côté + du champ élec (et inversement) → on obtient un **<u>point d'équilibre instable</u>** (maximum d'énergie potentielle).

C. Dipôle dans la matière

1. La matière

On retrouve de nombreuses **charges négatives et positives** dans la matière dont la position moyenne est nommée barycentre. Si les barycentres ne coïncident plus, on a alors un **moment dipolaire** :

$$p = |Q_{+/-}|.AB$$

La valeur du moment dipolaire vaut donc la valeur de la charge positive totale multipliée par la distance entre les 2 barycentres.
<u>Barycentre :</u> point désignant le **<u>centre</u>** du **nuage électronique +/-**

2. Les différents types de dipôles

Formule : $\vec{p} = \alpha \vec{E}$

Type de dipôle	Molécules	Propriétés
Dipôle induit : **les barycentres sont** confondus	**Symétriques** Non **polaires** **Diatomiques**	Moment dipolaire induit (par un champ électrique) bcp – intense Pas de moment dipolaire permanent
Dipôle permanent : **les barycentres sont** distincts	**Polaires :** molécules avec une **plus forte polarisabilité** **Barycentres distincts**	Moment dipolaire permanent **bcp + intense** Concerne de nombreuses molécules biologiques

NB : Attention ! Un dipôle permanent peut avoir un moment dipolaire induit, auquel cas, ce dernier sera plus intense que le moment dipolaire permanent du dipôle +++

D. Diélectriques et condensateurs

Diélectrique : matériau possédant des dipôles **sous l'effet d'un champ électrique**

Condensateur plan : 2 plaques chargées + et –, en face l'une de l'autre, dans le vide, sous une **ddp V,** créant un **champ constant $\vec{E}$**.

Condensateur vide : $Q = C.V$ $\qquad$ $C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$

La capacité détermine la quantité de charges que l'on peut mettre sur une plaque du condensateur pour une tension donnée.

Condensateur rempli d'un diélectrique :

$V' < V$ $\qquad$ $Q = C.V = C'.V'$

$E' < E$ $\qquad$ $\frac{C'}{C} = \varepsilon_r \geq 1$

$C' > C$ $\qquad$ $C' = \varepsilon_r C = \varepsilon_r . \varepsilon_0 \frac{S}{d} = \varepsilon \frac{S}{d}$

Point unités
- C = *capacité*, s'exprime en F *(Farad)* ou pF.
- V = *tension*, en V.
- ε_0 = *permittivité du vide*, en $F.m^{-1}$.
- S = surface des plaques en m^2
- E = *champ électrique*, en $N.C^{-1}$

$$V = q.E.d = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} d = \frac{Q}{\varepsilon_0 S} d = \frac{Q}{C}$$

Pour q = 1

/!\ Lorsque le condensateur est rempli d'un diélectrique, sa **capacité augmente** d'un facteur ε_r tandis que la **tension diminue** d'un facteur ε_r

V. Conduction électrique

A. Définitions

Isolants : matériaux **sans** charge libre mais sujets à des **phénomènes de polarisation** → matériaux diélectriques.

Conducteurs : matériaux **avec** charges libres + pouvant **se laisser traverser** par un courant électrique.
La plupart des matériaux sont conducteurs.
Semi-conducteurs : classe intermédiaire, **plus rares**.

B. Loi d'Ohm

Cette loi décrit le phénomène de **déplacement des charges** dans un **élément conducteur** sous l'effet d'une **ddp** (désignée par $\boldsymbol{U_A - U_B > 0}$). On a donc :

$$\boldsymbol{I = \frac{U_A - U_B}{R_{AB}}}$$

→ exprime que pour maintenir un courant constant dans l'élément il faut apporter **en permanence** de l'énergie électrique

Résistance d'un fil conducteur : $\boldsymbol{R = \frac{L}{S}\rho}$

Point unités
- $\boldsymbol{R}$ = *résistance* en Ω
- $\boldsymbol{\rho}$ = *résistivité* en $\Omega.m$
- $\boldsymbol{L}$ = *longueur du conducteur*, en m
- $\boldsymbol{S}$ = *section du conducteur*

Puissance électrique : $\boldsymbol{P = I.(U_A - U_B) = R_{AB}.I^2 = \frac{(U_A - U_B)^2}{R_{AB}}}$

/!\ Dans un condensateur les e⁻ ne cessent d'ê accélérés (car sont dans le vide) ≠ dans un matériau conducteur, ils « voyagent » à vitesse constante i.e. leur vitesse limite

On retrouve une consommation de la puissance élec en **chaleur** → **effet Joule**

C. Résistances en série ou en parallèle

Résistance éq de 2 résistances **en série** : $\boldsymbol{R_{eq} = R1 + R2}$

Résistance éq de 2 résistances **en parallèle** : $\boldsymbol{\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$

NB : si $R_1 = R_2$, alors $R_{éq} = \frac{R_1}{2}$

VI. Oscillateurs

A. Introduction

Oscillateur = système physique :
- possédant une **position d'éq stable**
- oscillant **périodiquement** autour de cette position si se retrouve déplacé
- oscillations **atténuées** dans le temps sauf si **entretenues** par une **force périodique**

On observe alors généralement un mouvement **périodique**/**pseudo-périodique**

B. Oscillateur harmonique

C'est un système **dynamique**, **conservatif** avec une équation de mouvement : $\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega_0^2 x$

Masse liée à un ressort : $\boldsymbol{\omega_0^2 = \frac{k}{m}}$

Petites oscillations d'un corps solide :
Pour la démonstration mathématique je vous laisse vous référer à la ronéo 😉

$$\omega_0^2 = \frac{r_G . m_G}{I_0} = \frac{g}{l}$$

Non-dit cette année :
/!\ Ici le moment d'inertie I_0 est celui par rapport à O. On a :
$$I_0 = I_G + mr_G^2$$

Le + simple des oscillateurs électriques :

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

Fréquence :

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Cas des oscillations libres d'un oscillateur harmonique :

Les oscillations sont périodiques sinusoïdales : $x(t) = A\sin(\omega_0 t + \varphi)$

- l'amplitude A est fixée par **l'énergie du système**
- la pulsation propre ω_0 est **intrinsèque** au système

On définit la **période** : $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$

Cette propriété est valable pour les petits angles seulement

Point unités ✎
- L = *inductance* en H (*Henrys*)
- ω_0^2 = *pulsation propre de l'oscillateur*, en $rad.s^{-1}$
- T = *période*, en s
- γ = *coeff d'amortissement*

C. Oscillateur harmonique amorti

On prend maintenant le cas d'une masse liée à un ressort :
Dans la plupart des cas on retrouve des forces de frottement (donnant des oscillateurs harmoniques amortis), ici on retrouve une force de **frottement visqueux :** $\frac{d^2x}{dt^2} = -\gamma\frac{dx}{dt} - \omega_0^2 x$

Point unités ✎
- A = *amplitude*, fixée par l'énergie du système
- ω_0 = *pulsation propre*, intrinsèque au système

$\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ $\gamma = \frac{\beta}{m}$ ← *Pour un ressort de masse m et de constante de rappel k*

On retrouve des oscillations amorties pseudo-périodiques si : $\omega_1^2 = \omega_0^2 - \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2 > 0$

Dans ce cas : $x(t) = A.e^{-\frac{\gamma}{2}t}\sin(\omega_1 t + \varphi)$ *L'amplitude diminue de façon exponentielle au cours du temps*

On retrouve une **pseudo période** : $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$ et un **temps d'amortissement** : $\tau = \frac{2}{\gamma}$

On peut définir le facteur qualité comme étant le **nombre d'oscillations** avant que l'amplitude ne devienne **négligeable** : $Q = \frac{\omega_0}{\gamma}$

Si **Q=1** → système **très amorti**
Lorsque **Q est grand**, oscillateur → **résonnateur**

D. Oscillateur harmonique amorti entretenu

Pour un **oscillateur amorti**, les oscillations peuvent rester **périodiques** si on le soumet à un **forçage périodique** → régime **entretenu** avec **pulsation identique** à celle du **forçage périodique ω :**

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \gamma\frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = \frac{F}{m}\sin(\omega t)$$

← *Pour un ressort*

On a donc un régime entretenu avec : $\boldsymbol{x(t) = A.sin(\omega t + \varphi)}$

Ici A et φ sont **fonction de ω** :

$$A(\omega) = \frac{F}{\left(\omega^2-\omega_0^2\right)^2+\omega^2\gamma^2 m}$$

$$tan - (\gamma) = \frac{\gamma\omega}{\gamma^2\varphi\gamma_0^2}$$

On peut définir le facteur d'amplification dû au forçage périodique :

$$\boldsymbol{\frac{A}{A_s} = \frac{\omega_0^2}{\sqrt{\left(\omega^2-\omega_0^2\right)^2+\omega^2\gamma^2}}}$$

Il existe une **fréquence optimale** i.e. la **fréquence de résonnance** (pour laquelle l'amplitude est **maximale**)
La **qualité de la résonnance** dépend aussi du **facteur de résonnance** (pour avoir résonnance il faut que $\boldsymbol{Q \gg 1}$)
Résonance **max** pour **ω = pulsation du système**

Q caractérise à la fois **l'amplification à la résonnance** mais aussi la **bande passante** i.e. **domaine des fréquences** autour desquelles je peux avoir une **résonnance**.
La largeur de la bande passante est **d'autant plus petite** que **Q** est **grand.**

Bande passante : $\boldsymbol{\left[\omega_0 - \frac{\gamma}{2} ; \omega_0 + \frac{\gamma}{2}\right]}$

<u>Pour le circuit RLC, il existe des valeurs particulières (à connaître +++) :</u>

$$\boldsymbol{\omega_0^2 = \frac{1}{LC}}$$

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{R}{L}}$$

$$\boldsymbol{Q = \frac{\omega_0}{\gamma} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

Dédi tiiiime :
Choups : Déjà à Tartine, triste qu'on l'ait oubliée depuis la TTR, mais t'inquiète, tu es toujours dans nos cœurs 😉
A Yanis également, parce que Baby Shark 😉 ainsi que d'Artagnan parce que t'es grave forte
A mes fillot.e.s et ma co-marraine, comme d'habitude 😉
Et puis dédicace à toi, qui lis cette fiche, qui l'a travaillée d'arrache-pied, qui l'a juste lue en diagonale, qui commence par la fin pour voir s'il y a des dédi, ou qui se réserve ce plaisir pour la fin. A toi, primant, doublant, triplant, parce que tu as bien du courage de t'être lancé pour la première, deuxième ou troisième fois dans cette année difficile. Tu fais partie d'une belle aventure, et c'est magnifique. Vraiment.

Amandab :
Grosse dédi à nos vieux et à ma co-tut parce que la physique est une belle et grande famille !
Gros poutou à Justine qui me supporte même cette année.
Dédi à nos fillotes, Marine, Emma, Lucille, Manon, Lucie, Mylène et Raja parce que l'on croit en vous depuis le début et qu'on est sûre que ça va le faire ! Ne lâchez rien et on se retrouvera l'année prochaine 😉
Dédi à toute la tuterie, vous êtes bo les gars.
Dédi à tous les P1 que je connais : Blandine, Luna, Yanis, Arthur, Alexis, Elisa, Matilda, Camille, Élodie, Polo Bleu et tous ceux que j'oublie !
Enfin, bon courage à vous tous, parce que l'on attaque une période pas facile, vous bossez depuis déjà 2 mois et vous n'arrivez peut être pas à voir la fin… Ca vous parait loin mais je vous promets qu'un jour tout ça se termine, même si vous avez l'impression que ça ne s'arrêtera jamais. Foncez, croyez y, posez vous les bonnes questions et ça ira !