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** en fonction d'un référentiel *R* est constitué d'un :

- Repère **mathématique**, composé d'un **point d'origine O** et de **3 vecteurs unitaires orthonormaux**
- Repère **temps** = horloge

Tout point M **en mvt** par rapport à O est repéré par 3 coordonnées qui sont **fct° du tps**. On peut définir une **vitesse** et une **accélération** pour la trajectoire de ce point M.

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

2. Vecteur accélération

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

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

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**
  → si **mouvement est rectiligne**, $a_N(t)=0$

Cas du mouvement circulaire uniforme :
Le vecteur vitesse tourne avec une **vitesse angulaire** ω (constante) 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 (+++) :

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

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**.

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

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 :

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

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

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

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

Cas particulier : La force de pesanteur à la surface de la Terre

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

2. Force de Coulomb

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

$$\vec{F}_{a/b} = k\frac{q_a . q_b}{r^2} \qquad k = \frac{1}{4\pi\varepsilon 0}$$

Remarque : bien que ces deux forces (par le merveilleux « hasard » de la physique) se ressemblent, il est intéressant de noter que G est très petit, alors que k est très grand.

3. Champ électrique

Définition : un champ électrique est la **force électrique** qui s'exercerait sur une charge unité placée en ce point.

Propriété : l'ensemble des vecteurs correspond au champ électrique qui devient **une fonction de la position**

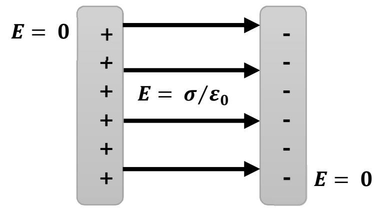
$$\vec{F} = q.\vec{E}$$

Point unités
- q=1
- E en $N.C^{-1}$ ou en $V.m^{-1}$

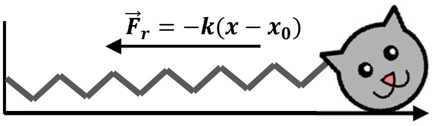
Cas particulier : Champ électrique entre deux plaques chargées

On a une **distribution plane de charges**, de **densité σ**. Le champ électrique à l'extérieur de ces plaques est **nul** et **constant** entre ces plaques, de valeur :

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



4. Force de rappel d'un ressort



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

5. Force de frottement sec dynamique (tribologie)

$$\vec{F}_s = -\mu_d.\vec{R}$$

Point unités
- k en $N.m^{-1}$
- $x - x_0$ = allongement du ressort
- μ_d → sans unité

Elle dépend de :
- R, la **résistance**, la réaction du support : $R = -mg$
- μ_d, **coefficient de frottement se dynamique** → dépend de la nature du contact

/!\ NON proportionnelle à la vitesse !

6. Force de frottement visqueux (petite vitesse)

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

S'applique pour un corps se déplaçant dans un **fluide** et **s'oppose** au mouvement

$$\vec{F} = -\beta\vec{v} \qquad \beta = 6\pi R\eta$$

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

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.

$$F_T = -\frac{1}{2}\rho.S.c_x.v^2$$

/!\ proportionnelle **au carré** de 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

8. Poussée d'Archimède

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

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

Elle permet de définir la **flottabilité** lorsque la **masse de l'objet** est **inférieure** à la **masse volumique du fluide** :

$$\rho.V_i = m$$

NB : *Son* ***point d'application*** *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 :

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

$$\boldsymbol{x(t) = v_0.t}$$

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

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

Grâce au PFD, on sait que $F = ma$, on a donc $a = F/m$

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.

Formules :

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

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

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

La poussée d'Archimède va ralentir voire inverser le mouvement

Formules :

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

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

Ici la vitesse limite peut être inférieure à 0 car si $\boldsymbol{\|\vec{F_A} + \vec{F}_{visq}\| > m\vec{g}}$ → 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

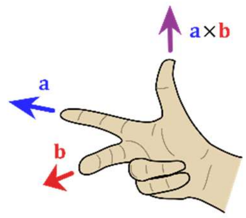
Formules :

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

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

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
→ **norme** = surface du parallélogramme du vecteur
Si les vecteurs sont **parallèles** (alignés) → le produit vectoriel est **NUL**, mais il est **maximal** si les vecteurs sont **perpendiculaires**

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

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

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 //).

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

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 **2nde 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)*

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

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 : $\boldsymbol{I_y < I_z < I_x}$

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 (1ère loi de Newton).
Le **moment angulaire est conservé**, donc un objet **étendu** peut tourner sur lui-même en **l'absence d'interaction extérieure.**

Puisque $\boldsymbol{J = I.\omega = cste}$ 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 diminue, la vitesse angulaire augmente

NB : Le mouvement de précession est dirigé dans le même que le sens de rotation

III. Formalisme du potentiel

A. Travail d'une force

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

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

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

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, élasticité	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	$W_{AB} = kQq(\frac{1}{xA} - \frac{1}{xB})$

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 ☺.

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.

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.

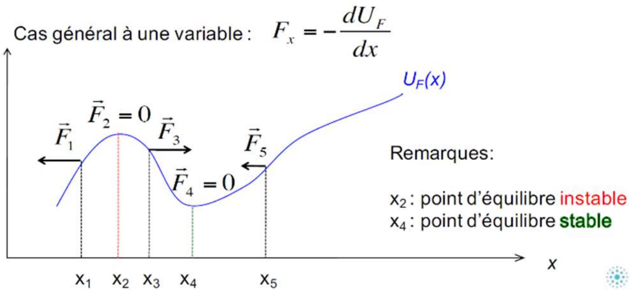
$$V(B) - V(A) = W_{BA,\ q=1}$$

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

D. Relation force-énergie potentielle

On obtient la force en dérivant l'énergie potentielle

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



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 : $E_C = \frac{1}{2}mv^2$

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 : $E_C(B) - E_C(A) = W_{AB}^{(ext)} = -\frac{1}{2}mv^2$

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

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

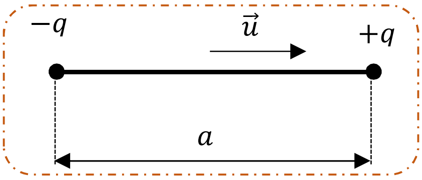
Énergie mécanique	Ressort horizontal	Ressort vertical
$E^{méca} = \frac{1}{2}mv^2 + U(x)$	$E^{méca} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$	$E^{méca} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k(x - x_0)^2 + mgx$

IV. Étude d'un dipôle électrique

Moment dipolaire time
- Va de q+ à q-
- Unité : C.m

A. Définition

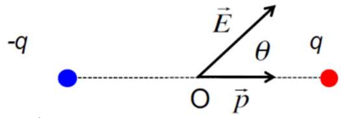
Un dipôle électrique est une **distribution de charges** (-q et +q) placées en 2 points A et B séparés d'une distance d avec un **champ électrique complexe**. Il peut être associé à un vecteur appelé moment dipolaire : $\vec{p} = aq\hat{u}$

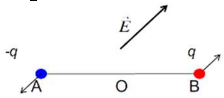


B. Dipôle électrique dans un champ électrique

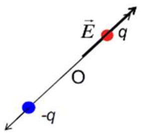
Pour un dipôle électrique dans un champ électrique, la charge + ressent une **force de $\widehat{m}$ sens** que le champ, la charge -, une **force de sens opposé**
⇒ couple de forces faisant tourner le dipôle. Le **moment de force** s'appliquant est : $\vec{\Gamma} = \vec{p} \wedge \vec{E}$

Et comment ça se traduit d'un point de vue énergie potentielle ?
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 **point d'équilibre stable.**
- soit la charge + se place du côté + du champ élec (et inversement) → on obtient un **point d'équilibre instable.**

C. Dipôle dans la matière

1. La matière

On retrouve de nombreuses **charges négatives et positives** dans la matière. 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.
Barycentre : point désignant le **centre** 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 bcp – intense Pas de moment dipolaire permanent
Dipôle permanent : **les barycentres sont** distincts	**Non symétriques :** HCl, H_2O **Polaires :** molécules avec une **plus forte polarisabilité**	Moment dipolaire permanent **bcp + intense** Concerne de nombreuses molécules biologiques

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 : $Q = C.V$ $\quad C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$

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 :

$V < V'$

$E' < E$

$C' > C$

$Q = C.V = C'.V'$

$\frac{C'}{C} = \varepsilon_r \geq 1$

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

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 $N.C^{-1}$

/!\ 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 $U_A - U_B > 0$). On a donc : $I = \frac{U_A - U_B}{R_{AB}}$

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

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

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

/!\ 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** : $R_{eq} = R1 + R2$

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

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

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 : $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$

Petites oscillations d'un corps solide : $\omega_0^2 = \frac{r_G . m_G}{I_0}$

/!\ Ici le moment d'inertie est celui par rapport à O. On a :

$$I_0 = I_G + mr_G^2$$

Pendule : $\omega_0^2 = \frac{g}{l}$

Le + simple des oscillateurs électriques : $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$

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

En faisant passer du courant dans une bobine, elle aura une tension : $U \propto \frac{dI}{dt}$

La tension est donc proportionnelle à la VARIATION de courant (et non au courant lui-même).

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** : $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$

Point unités
- $L = inductance$ en H (Henrys)
- $\omega_0^2 = pulsation$ $propre\ de\ l'oscillateur$, en $rad.s^{-1}$
- $T = période$, en s
- $\gamma = coeff\ d'amortissement$

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 :**

Point unités
- $A = amplitude$, fixée par l'énergie du système
- $\omega_0 = pulsation\ propre$, intrinsèque au système

$\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ $\gamma = \frac{\beta}{m}$ $\frac{d^2x}{dt^2} = -\gamma\frac{dx}{dt} - \omega_0^2 x$

← *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 : $x(t) = A.e^{-\frac{\gamma}{2}t}\sin(\omega_1 t + \varphi)$

On retrouve une **pseudo période** : $T = \frac{2\pi}{\omega_1}$ 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** : $\boldsymbol{Q = \frac{\omega_0}{\gamma}}$

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 :**

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

On a donc un régime entretenu avec : $\boldsymbol{x(t) = A.sin(\omega_0 t + \varphi)}$

Ici A et φ sont **fonction de ω** : $A(\omega) = \frac{F}{(\omega^2-\omega_0^2)^2+\omega^2\gamma^2 m}$

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

On peut définir le facteur d'amplification dû au forçage périodique : $\boldsymbol{\frac{A}{A_s} = \frac{\omega_0^2}{\sqrt{(\omega^2-\omega_0^2)^2+\omega^2\gamma^2}}}$

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 : $\boldsymbol{[\omega_0 - \frac{\gamma}{2} ; \omega_0 + \frac{\gamma}{2}]}$

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

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

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

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

Fiche enfin finie ! Qui dit fiche, dit cours résumé, elle n'est en aucun cas là pour se substituer au cours mais pour vous aider dans vos révisions de dernière minute ou si vous voulez réviser un point en particulier et ce rapidement. Pour toute réclamation de fond ou de forme, venez sur le fofo 😉
Rapide dédi du coup : Encore une fois un gros poutou à Justine (qui mérite bien plus qu'une dédi), gros poutou aussi à nos fillotes : Marine, Emma, Raja, Lucie, Mylène, Manon et Lucille, on croit en vous comme jaja, ça va le faire les filles ! Dédi également à ma co-tut parce que la physique et à nos vieux !
Enfin dédi à tous les P1 que je connais : Élisa, Alexis, Polo Bleu, Yanis, Tartine, Georgio, Élodie, Camille, Matilda, Luna, Arthur et ceux que j'ai sûrement oubliés ! Foncez les gars !

À Julien.