PHYSIQUE S2

Le mot du Resp'

Salut jeune dresseur ! Après avoir battu le S1 avec un beau ptit Hydrocanon bien placé, il est maintenant temps pour toi d'affronter le S2, qui débarque en soumsoum après les PP tel la Team Rocket. Bienvenue dans cette annale qui est là pour te sauver un jeudi soir après être trop allé à la kfet (je peux comprendre) ou alors juste pour t'accompagner dans ta semaine de révision à la BU un doux mois de mars.

Bon, j'arrête de raconter mes conneries, pas de stress, cette annale est avant tout faite pour t'aider à réussir tes IE de physique au 2^{e} semestre (pour pouvoir aller à la kfet après 😉). Mais avant de parler des choses qui fâchent, place aux dédicaces !

Tout d'abord, je tiens à faire une giga dédicace à la meilleure mif de l'INSA aussi dite la secte : LES COTON-TIJ !!! On a tout niqué en 2021 et on le refera en 2022 les gars !! (ps : la louche me manque) Gros bisous à la best marraine Sarah (ou Sarouille) et la cobiz Audrey, jvous love <3.

Ensuite comment oublier le GOAT (Group Of All Time) : le groupe 63 aka Ze GrOuP sIxTy-ThReE, pas besoin d'argumenter pour dire qu'on est la meilleure classe (pas en maths mais ça c'est un autre problème). Gros bisous à mes bilingues sûrs : les JeRoLaWi se reconnaîtront tu coco <3, les scanonymous et Leeloo ma future coturne (ça va être le feu j'ai trop hâte !!)

Trop d'inoubliables sessions révisions dans les turnes du sale en A305 et B530 avec une seule personne qui travaillait réellement (Larissa tu fais chier), j'en profite pour faire un énorme big up à mon fire king Ralph (le guitariste de Vibe du Far West tsé), toujours avec moi dans les délires les plus bizarres (une passion commune pour Ice Age déjà).

Le meilleur pour la fin, je termine par mes zoulous du far west, mes cow-bogoss, la CdPicerie, j'ai nommé les fucking INSALOON !! On a retourné la campagne mes bg, je ne pensais pas un jour courir derrière un boug en peignoir à 7h du mat sans que ce soit bizarre, s/o les listés merci pour la campagne, ça flingue

(et dire que j'ai failli aller en TLS)

Pas de conclusion, rien d'autre à dire à part l'essentiel : tarpé ou bien (j'ai craqué)

Rokus aka Frite Corleone aka le Ptit Nicolas

Table des matières

Chapitre 1 : Cinématique

« La science c'est vraiment un truc incroyable !! » dixit Sacha.

Alors… la première IE de méca approche ? Pas de stress, on t'a préparé une petite annale avec amour et soin, spécialement pour que tu comprennes !

Dans ce premier chapitre de méca, tu découvres ou redécouvres ce que t'avais peut-être déjà vu en terminale avec quelques petites nouveautés, mais rien de bien méchant. Tu vas aussi pouvoir réinvestir des notions que tu as vu en OMSI sur les repères, et si t'avais pas suivi, on te réexplique l'essentiel ici, on a été cool ;). Une fois que t'auras bien compris les bases et la méthodologie, tu seras prêt à capturer une bonne note !

Place aux dédicaces ! Grosse dédicace à ma Sam, ma voisine, mon acolyte de toujours. Entre fou-rire en maths et soirée au C, y'a pas meilleur duo. Bien sûr nous ne sommes pas au complet sans le K (si vous trouvez les logos super, c'est probablement lui), Sam mon coéquipier de compétition et 26eme dévoué, et Pedrito notre charmeur espagnol. Petite pensée aux week-ends au ski qui ont sauvé notre moral plus d'une fois.

Grosse dédicace aux TLS, aka la meilleure liste. Merci pour la belle aventure qu'on a menée ensemble pour en arriver à écrire des exos de méca inspiré pokémon. Merci pour les heures et les heures de tournage, les soirées costumes, les réu, les ventriglisses à la mde, les soirées chez Pierre. On a passé une bête de campagne ensemble, on va passer une bête d'inté. Petit clin d'œil à notre coliste, les INSAlarescousses ;)

Anna, merci pour les fou-rire en 326, pour les discussions profondes jusque tard, pour les pâtes en lendemain difficile, pour les conseils, pour les petits pains d'épices strasbourgeois… bref pour faire de la turne, notre chez nous. On repart pour un an ensemble, et je ne pourrais pas en être plus heureuse <3

Petite dédicace à Lou et Elise, mes prédécesseuses responsables de rédiger le premier chapitre de méca pour cette annale, j'espère que vous ne m'en voudrez pas, je me suis un petit peu inspirée de ce que vous aviez fait ;)

Rosita, la resp TLS

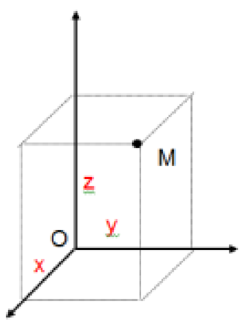
1. Définitions

1) Le référentiel

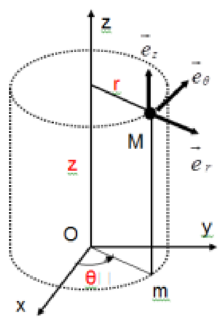
On appelle référentiel R un **solide de référence** (réel ou fictif) muni d'une horloge définissant le temps. Le référentiel permet donc de situer un évènement dans l'espace et le temps. C'est pourquoi il est important de le **préciser au début de chaque exo**. Généralement on utilise ces référentiels : terrestre **supposé Galiléen**, héliocentrique, géocentrique, etc.

2) Le repère

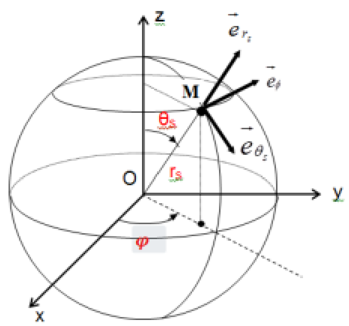
Si tu es un peu perdu, va voir le chapitre 5 d'OMSI ;). Il est important de choisir le repère le mieux adapté à la situation car cela te simplifie à mort les calculs : par exemple, pour un mouvement de rotation tu utiliseras un repère cylindrique plutôt qu'un repère cartésien (tu verras au bout d'un moment ça va te paraître super logique). Il en existe plusieurs : repère **cartésien** (**ex**, **ey**, **ez**) (1), repère **cylindrique/polaire** (**er**, **eθ**, **ez**) (2) pour les mouvements de rotation, **sphérique** (**er**, **eθ**, **eϕ**, **ez**) (3) et la base de **Frenet** (**T**, **N**, **B**) pour des mouvements quelconques.



1.



2.



3.

2. Mouvement d'un point dans un référentiel

1) Coordonnées dans les différents repères

Formules indispensables pour tout dresseur d'équation :

	Position	**Vitesse**	**Accélération**
Repère cartésien	$\overrightarrow{OM}(t) = x\overrightarrow{e_x} + y\overrightarrow{e_y} + z\overrightarrow{e_z}$	$\vec{v}(t) = \dot{x}\overrightarrow{e_x} + \dot{y}\overrightarrow{e_y} + \dot{z}\overrightarrow{e_z}$	$\vec{a}(t) = \ddot{x}\overrightarrow{e_x} + \ddot{y}\overrightarrow{e_y} + \ddot{z}\overrightarrow{e_z}$
Repère cylindrique	$\overrightarrow{OM}(t) = r\overrightarrow{e_r} + z\overrightarrow{e_z}$	$\vec{v}(t) = \dot{r}\overrightarrow{e_r} + r\dot{\theta}\overrightarrow{e_\theta} + \dot{z}\overrightarrow{e_z}$	$\vec{a} = (\ddot{r} - r\dot{\theta^2})\overrightarrow{e_r} + (2\dot{r}\dot{\theta} + r\ddot{\theta})\overrightarrow{e_\theta} + \ddot{z}\overrightarrow{e_z}$
Repère sphérique	$\overrightarrow{OM}(t) = r\overrightarrow{e_r}$	$\vec{v}(t) = \dot{r}\overrightarrow{e_r} + r\dot{\theta}\overrightarrow{e_\theta} + r sin\theta\dot{\varphi}\overrightarrow{e_\varphi}$	Non *exigible*
Base de Frenet	Similaire aux coordonnées cylindriques	Similaire aux coordonnées cylindriques	$\vec{a} = \frac{d\lvert\lvert\vec{v}\rvert\rvert}{dt}\vec{T} + \frac{\lvert\lvert\vec{v}\rvert\rvert^2}{Rc}\vec{N}$

(Les points sur les lettres c'est pour signifier la dérivée par rapport au temps, un point pour la dérivée première et deux points pour la dérivée seconde)

Pour obtenir le vecteur vitesse, il faut dériver le vecteur position par rapport au temps. De même pour obtenir le vecteur accélération il faut dériver le vecteur vitesse par rapport au temps, ou faire la dérivée seconde du vecteur position.

Au lieu d'apprendre le tableau par cœur, tu peux apprendre ces formules qui te permettront de tout retrouver :

- $\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$ et $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\overrightarrow{OM}}{dt^2}$
- ! Attention ! Si les vecteurs de ton repère dépendent du temps (base polaire, cylindrique et de Frenet), il faut les dériver aussi ! Par exemple, pour le repère cylindrique : $\frac{d\overrightarrow{e_r}}{dt} = \dot{\theta}\overrightarrow{e_\theta}$ et $\frac{d\overrightarrow{e_\theta}}{dt} = -\dot{\theta}\overrightarrow{e_r}$

2) Les mouvements de base

RECTILIGNE (droite ou segment)

- Rectiligne uniforme : **a = 0.**

- Mouvement accéléré si les vecteurs **a** et **v** sont dans le même sens.

- Mouvement décéléré si les vecteurs **a** et **v** sont de sens contraires.

CIRCULAIRE (cercle ou portion de cercle)

- Circulaire uniforme : le vecteur accélération est constant, radial, centripète.

- Circulaire non uniforme : **a** varie en fonction du temps.

$\dot{\theta}$ **= ω = Vitesse angulaire**

CURVILIGNE

Mouvement quelconque qui n'est ni circulaire ni rectiligne.

3. Méthodologie exercice

Ce qui est bien dans la méca, c'est que si tu suis ces étapes, tu ne peux pas te tromper. Le plus important c'est de bien comprendre le système, les forces et le mouvement, le reste c'est des maths basiques.

EN PREMIER : Lire l'énoncé. Tire un maximum d'infos qui peuvent t'être utiles dans la suite de l'exo. Fais-toi une idée du **type de mouvement** que le système effectue afin de choisir le bon repère, c'est super important. Pense aussi à faire attention aux notations données dans l'exercice et à les reprendre dans ta rédaction. Si tu dois poser des notations, choisis-les bien pour ne pas t'emmêler les pinceaux.

EN DEUXIEME : Poser les bases. Avant de commencer les calculs, tu définis : (1) **repère**, (2) **référentiel**, (3) **système** que tu vas étudier, (4) **bilan des forces** appliquées au système (précise à chaque fois : point d'application, direction, sens, expression de la norme). Ne néglige pas cette partie, elle te permet d'aborder l'exercice avec les bonnes bases.

EN TROISIEME : Le **schéma**. Obligatoire en IE, fais un grand schéma sur lequel tu fais apparaître toutes les forces connues et les axes de ton repère (utilise des couleurs !).

Quand tu auras fini ces 3 étapes cruciales tu pourras enfin commencer les calculs. Tu verras la mécanique c'est vraiment pas compliqué, il suffit juste d'être organisé et précis après le reste suit.

EXERCICES

Exercice 1

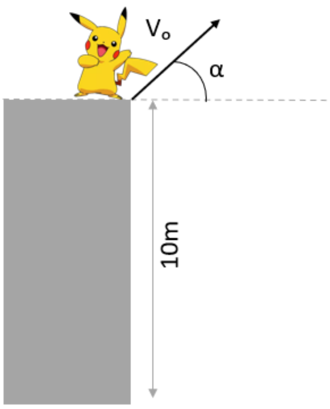
Pour capturer un Ponyta Shiny, Sacha lance une Pokéball. La Pokéball effectue une trajectoire circulaire de rayon de courbure R = 10 m, avec une vitesse de 15 tours par minute.

1. Calculer la vitesse angulaire de la Pokéball.
2. Déterminer la vitesse et l'accélération du système {Pokéball} pendant la trajectoire.

Exercice 2

En plein combat, au bord d'une falaise, contre une horde de Pokémon, Sacha heurte son fidèle compagnon Pikachu. Pikachu est éjecté dans le vide à une vitesse V_0 = 6,5 $m.s^{-1}$ et sa trajectoire forme un angle α = 45° avec l'horizontale. Il tombe d'une hauteur de 10 m. La petite créature a une masse de 10 kg.

De combien de temps dispose Sacha afin de sauver Pikachu avant qu'il ne s'écrase au sol ? En d'autres termes, combien de temps dure la chute ?



CORRECTION

Exercice 1

Repère : polaire (**e**$_r$, **e**$_\theta$), **Référentiel** : terrestre supposé Galiléen et **Système** : {Pokéball}

1) 15 tours = 30π et 1 minute = 60s donc ω = 30π/60 = π/2 rad.s^{-1}

2) $\overrightarrow{OM}(t) = R\overrightarrow{e_r}$

$\vec{v}(t) = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt} = R\dot{\theta}\overrightarrow{e_\theta} = R\omega\overrightarrow{e_\theta}$

$\vec{a}(t) = -R\omega^2\overrightarrow{e_r}$

Applications numériques : $||\vec{v}|| = R\omega = 15{,}7 m.s^{-1}$ et $||\vec{a}|| = R\omega^2 = 24{,}7 m.s^{-2}$

Exercice 2

Repère : cartésien (**e**$_x$,**e**$_y$), **Référentiel** : terrestre supposé Galiléen et **Système** : {Pikachu}

Bilan des forces : le poids de Pikachu orienté vers le bas, qui s'applique sur son centre de gravité : P = -mg **e**$_y$

PFD :

$$\sum F_{ext} = m\vec{a}$$
$$\vec{P} = m\vec{a}$$

Selon $\overrightarrow{e_x}$: $a_x = 0$
Selon $\overrightarrow{e_y}$: $a_y = -g$

On intègre par rapport au temps pour trouver les vitesses :

Selon $\overrightarrow{e_x}$: $v_x = \int a_x dt = v_0 cos\alpha$

Selon $\overrightarrow{e_y}$: $v_y = \int a_y dt = -gt + v_0 sin\alpha$

On intègre une deuxième fois par rapport au temps pour obtenir la position de Pikachu :

Selon $\overrightarrow{e_x}$: $x(t) = \int v_x dt = v_0 cos\alpha t + x_0$

Selon $\overrightarrow{e_y}$: $y(t) = \int v_y dt = \frac{-gt^2}{2} + v_0 sin\alpha t + y_0$

On cherche t_f tel que $y(t_f) = 0$:

$$\frac{-g{t_f}^2}{2} + v_0 sin\alpha t_f + y_0 = 0$$

$$\Delta = (v_0 sin\alpha)^2 + 2y_0 g$$

$$t_1 = \frac{v_0 sin\alpha + \sqrt{(v_0 sin\alpha)^2 + 2y_0 g}}{g}$$

$t_1 = 1.97$ s

Chapitre 2 : Dynamique du point et lois de Newton

Wshhh mon reuf j'espère que tu vas bien ! Bon j'imagine bien que ça va pas de ouf vu que si t'es là c'est que l'IE 1 de méca approche mais t'inquièèèèèète ça va bien se passer.
Si t'es giga dans la sauce parce que t'as rien foutu depuis les posts-partiels, bah sache que j'étais exactement dans ton cas l'an dernier mdrrr. Mais tkt tes annales adorées vont encore essayer de te sauver comme elles m'ont souvent sauvé avant toi.

Maintenant place aux dédicaces let'sss goooo
DEJA pour commencer, comment pourrais-je ne pas parler du goat des goat 🐐, le resp de l'ombre aka Joris mon gars suuuurrrrr. Sah meilleur coturne dont on pourrait rêver (wallah il a un mousseur de lait, un aspi et un fond vert le boug mdrrr). Et comment parler de coturne sans parler de Jennifer, du ptit frustré en djellaba, du marocain préféré de ton marocain préré, bref tu l'appelle comme tu veux mais s/o Ilyes mon bby (c'est Joe Dalton dans les vidéos In'Saloon en plus il est beau mariez le svp).

Grosse dédicace aussi et surtout à la meilleure des listes… (roulement de tambour et tout tkt)… j'ai nommé IN'SALOON hehe. A nos réus en 411 jusqu'à canner, à nos tournages scandaleux (toi, moi, à l'ancienne, maintenant), à nos artistes de la team déco et nos ziziak de la team rap (wewe frite corleone je sais que tu lis ça batard), à nos tiktokeuses, nos guitaristes , etc BREF une liste de rêve don't j'ai eu l'immense chance d'être le resp. JVOUS AIME ❤️❤️

S/o aussi à mes khaptors teh les zinzinnnnssss. A gims, kamilou, notre raciste pref (il va se reconnaître genZ tout ça mdrrr), à mes gadjies suuures et au meilleur étage de tous les temps inshallah. Gros love <3

Sans oublier mes arabes du 5e (Massi aussi bb) et nos ftour en gigite, le groupe 17 et nos Pokémon Go à l'olivier, la triliste et nos crêpes en carton miskine (mais surtout notre soirée de oufffff), jvous kiffe les gars <33

Giga big up par dessus tout à Didi la meilleure des marraines, j'oublierai jamais mon inté grâce à toi et la SOB, je vous surkiffe merci pour tout.

Et enfin big up à mes futurs bizs jvous aime déjà j'ai trop hâte de vous rencontrer 🥰

Rayan

1. Rappel sur les forces

Bon la majorité de ce chapitre c'est que des rappels de Terminale mais bon j'avais tout oublié aussi donc un petit rappel fait pas de mal. Et puis c'est simple, y'a beaucoup de par cœur et de méthode.

1) Notions sur les forces

Une force est une action mécanique capable de modifier le mouvement d'un corps (cette définition ne sert à rien en exercice mais c'est toujours bon à savoir).

On note la dimension d'une **force [F] = MLT^{-2}**, pour t'en souvenir rappelle-toi la 2^{e} loi de Newton que nous verrons à la fin de ce chapitre : $[F] = [m\vec{a}] = M * LT^{-2}$ (a, l'accélération, est en m/s^2 d'où le LT^{-2}).

Dans le système international, la force s'exprime en Newton (N) : 1 N = 1 kg·m·s^{-2}

La force se caractérise, toujours indépendamment du référentiel considéré, selon :

- Un point d'application
- Un vecteur force avec une norme (intensité de la force), une direction et un sens (car une force peut être attractive ou répulsive).

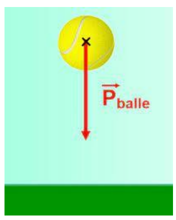
NB : Ce que l'on appellera parfois la résultante des forces, utile pour un système de points ou un solide, n'est rien d'autre que la somme vectorielle des forces.

2) Les forces à connaître

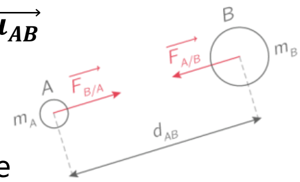
Les systèmes considérés peuvent être en contact ou non, il existe donc deux types de forces : les forces d'interaction à distance et les forces de contact.

- **Les forces à distance**

a) **Le poids $\vec{P} = m.\vec{g}$** dirigé verticalement vers le bas appliqué sur le centre de gravité, avec m la masse du système.

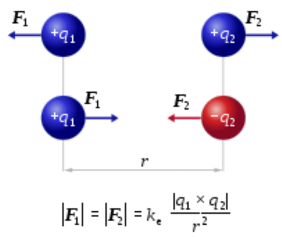


b) **L'interaction gravitationnelle $\overrightarrow{F_{A/B}} = -G.\frac{m_A m_B}{d_{AB}^2}\overrightarrow{u_{AB}}$**



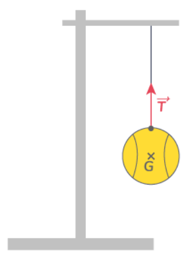
(lue F de A sur B) est une force toujours attractive exercée par un corps A de masse m_A sur un corps B de masse m_B s'appliquant au centre de gravité du corps considéré (ici B puisque A attire B)

c) **L'interaction électrostatique $\vec{F}_{q_A/q_B} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q_A \times q_B}{r^2}\overrightarrow{u_{qA/qB}}$** fonctionne de la même manière que l'interaction gravitationnelle sauf qu'elle peut aussi bien être attractive (si les charges q_A et q_B sont opposées) que répulsive (si les charges q_A et q_B sont de même signe). Fais donc bien gaffe au sens du vecteur $\vec{F}_{q_A/q_B}$ et donc au signe de son expression vectorielle !

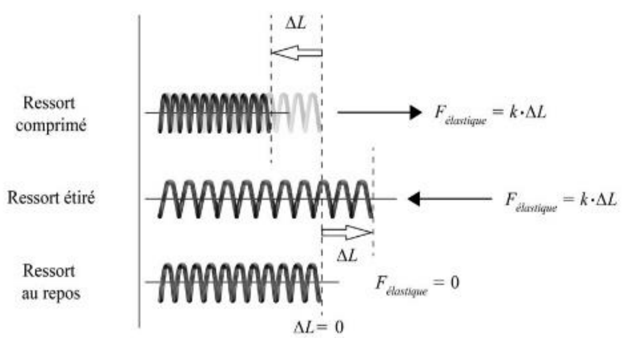


- **<u>Les forces de contact</u>**

d) **La tension d'un fil $\vec{T}$** suit la direction du fil en partant du système considéré et est de norme souvent inconnue. Dans la plupart des exercices, son expression vectorielle sera à déterminer à l'aide des autres forces (avec par exemple le PFD que l'on verra un peu plus loin).

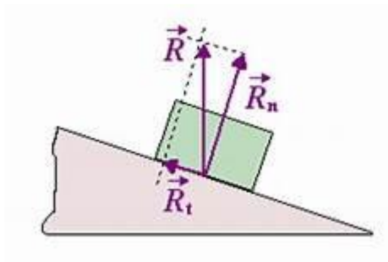


e) **La force de rappel élastique d'un ressort $\vec{F} = -k(l - l_0)\vec{i}$** avec $\vec{i}$ le vecteur unitaire ayant la direction du ressort. Elle est de sens opposé à l'élongation et s'applique au point de contact avec le solide. Cette force dépend de sa <u>longueur à vide</u> l_0 et de sa <u>constante de raideur</u> k. En gros, ça veut dire que si tu compresses un ressort, la force de rappel va pousser (plus ou moins fort selon la valeur de k) pour que le ressort retourne vers sa longueur à vide. Et inversement si tu tires ton ressort.



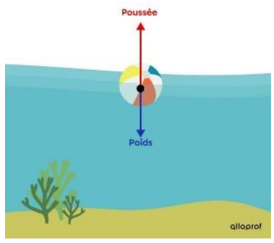
f) **La réaction du support $\vec{R}$** possède une composante tangentielle et une composante normale :

- **La réaction normale $\overrightarrow{R_N}$** est dirigée de manière orthogonale, du support vers le système, et s'applique au milieu de la zone de contact.
- **La composante tangentielle $\overrightarrow{R_T}$** que l'on note aussi force de **frottement $\vec{f}$** suit la direction du mouvement mais dans le sens opposé.

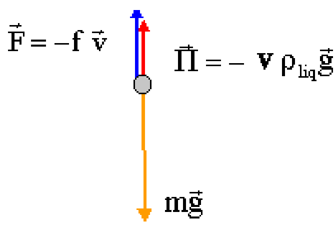


NB : Pour obtenir les expressions vectorielles, comme pour la tension du fil, on les exprime à l'aide des autres forces. Sinon on utilise la relation $\| \boldsymbol{R_T} \| = \boldsymbol{\mu} \; \| \boldsymbol{R_N} \|$ en dynamique (pas en statique)
ATTENTION, lis bien tes énoncés d'exercice car très souvent il est indiqué si la force de frottement $\vec{f}$ est à prendre en compte ou non.

g) **Les forces de pression $\vec{P}$** ne seront pas utilisées dans ce chapitre mise à part la **poussée d'Archimède** $\overrightarrow{\Pi_A} = -\boldsymbol{\rho_{fluide}} \times \boldsymbol{V_{fluide\ déplacé}} \times \vec{g}$. Elle est dirigée verticalement vers le haut et s'exerce dans un liquide comme l'eau (tu peux retenir que c'est équivalent au poids du liquide déplacé puisqu'on retrouve que $\rho_{fluide} \times V_{fluide\ déplacé} = m_{liquide\ déplacé}$).



h) **La force de frottement fluide $\vec{f} = -\lambda\,\vec{v}$** concerne le mouvement d'un solide dans un fluide (l'air par exemple). Elle se dirige de manière opposée au vecteur vitesse.



2. Lois de Newton

Là encore, les lois de Newton sont qu'un rappel de ce que t'as vu en Terminale (si t'avais spé physique mais y'a toujours des gens spéciaux hehe). En plus, y'en a qu'une qu'on utilisera vraiment souvent, connaître les autres te débloquera parfois mais ne sont pas essentielles.

1) 1ère loi de Newton : Principe d'inertie

Énoncé : « si dans un référentiel galiléen, un point isolé est initialement au repos, il se maintient au repos »

Ce qu'on appelle un système isolé, c'est système qui ne subit aucune force ou dont la résultante des forces est nulle.
Ce système persiste donc dans son mouvement, qu'il soit au repos ou en mouvement rectiligne uniforme.

2) 2ème loi de Newton : Principe Fondamental de la Dynamique

Voilà voilà, c'est elle, LA loi qu'on utilisera à peu près tout le temps dans ces premiers chapitres de méca.
Le **PFD** s'écrit :

Dans un référentiel galiléen, $\boldsymbol{\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\,\vec{a}}$

NB : à l'équilibre (système ne bouge pas) on a $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \mathbf{0}$

Attention : tu remarques que cette relation est vectorielle. Or pour pouvoir l'utiliser et réellement l'exploiter, tu vas devoir **projeter** tes forces dans ton repère. Pour mieux comprendre, je t'invite à faire les exos que je te mets à la fin du chapitre.

3) 3ème loi de Newton : Principe des actions réciproques

Tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B.

Autrement dit : $\overrightarrow{F_{A/B}} = -\overrightarrow{F_{B/A}}$

Elle est évidente mais il faut faire attention à ne pas oublier le signe « – » et surtout penser à la citer quand tu t'en sers pour rafler des points !!

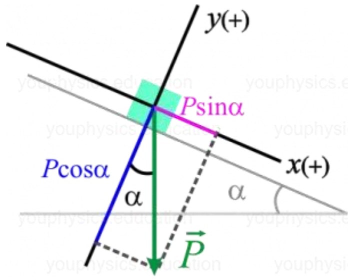
3. Méthodologie exercice

1) Déjà en lisant ton énoncé, note bien les forces qui s'appliquent ou non (par exemple frottements négligés) et les forces qui sont évidentes (Poids, Réaction du support lorsqu'il y a un contact solide-solide, Tension du fil pour les pendules, etc).

2) Décide ensuite quel **repère** tu vas utiliser en te basant sur le mouvement (ex : repère polaire pour mvt circulaire) et écris-le ainsi que le **référentiel**, le **système** que tu étudies et le **bilan des forces** (fais gaffe les profs enlèvent souvent des points quand tu le fais pas).

3) Tu fais un big **schéma** bien propre bien quali que le prof va kiffer dans lequel tu fais apparaître les forces connues et les axes de ton repère (pareil c'est obligatoire bg).

4) Tu poses donc que d'après le PFD, $\sum \overrightarrow{\boldsymbol{F_{ext}}} = \boldsymbol{m}\,\vec{\boldsymbol{a}}$. Tu projettes donc tes forces ET ton accélération.



Exemple : Une voiture se laisse descendre sur une route qui fait un angle α avec l'horizontale. On néglige les frottements de la piste et de l'air. On pose un repère cartésien $(O, \overrightarrow{u_x}\,,\ \overrightarrow{u_y})$ tel que u_x est dirigé dans le sens de la route.

La composante de l'accélération sur $\overrightarrow{u_x}$ s'écrit $a_x = \ddot{x}$ et celle sur $\overrightarrow{u_y}$ s'écrit $a_y = \ddot{y}$. La projection du poids sur $\overrightarrow{u_x}$ s'écrit $mgsin(\alpha)$ et sur $\overrightarrow{u_y}$ elle s'écrit $-mgcos(\alpha)$ (signe - parce que le poids va dans le sens opposé de $\overrightarrow{u_y}$). La projection de la réaction normale sur $\overrightarrow{u_x}$ est nulle puisqu'elle n'a qu'une composante sur u_y ($\vec{R} = \| \vec{R} \| \, \overrightarrow{u_y}$).

On a du coup :

$$\begin{cases} mgsin(\alpha) = m\ddot{x} \ \ sur\ \overrightarrow{u_x} \\ -mgcos(\alpha) + \| \vec{R} \| = \ m\ddot{y} \ \ sur\ \overrightarrow{u_y} \end{cases}$$

Et voilà ! On a projeté nos forces et appliqué notre PFD ! Pour plus de conseils et une explication plus claire sur tout ça, je te conseille la chaîne YouTube *E-learning Physique* (et en particulier, dans notre cas, la vidéo qui s'appelle « Mécanique : SOS projection des forces »)

EXERCICES

Excercice 1 : Le looping circulaire

Sacha, au dos de son magnifique Tauros, décide de taper un looping de rayon r dans le plus grand des calmes pour impressionner Ondine.
Tauros court à une vitesse constante v.

1) Que vaut la réaction normale R_N en fonction de l'angle θ que Sacha fait avec la verticale ?
2) Quelle est la vitesse minimale pour qu'il dead ça sans tomber ?

Exercice 2 : Le ressort

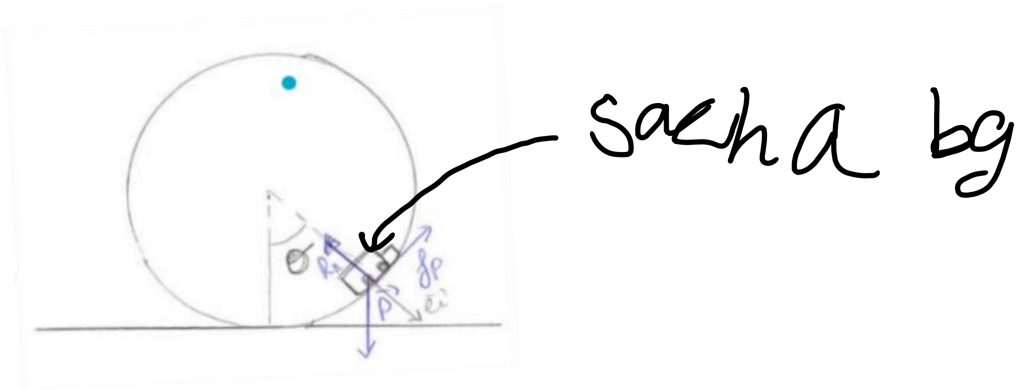
J'ai pas de ref Pokémon pour cet exo malheureusement mais en gros t'as un ressort vertical de constante de raideur k et de longueur à vide l_0 dont l'extrémité supérieure est fixée en O.
À $t = 0$, on lâche une masse m (accrochée à l'autre extrémité du ressort) sans vitesse initiale qui étire le ressort.
Établir l'équation différentielle du mouvement.

CORRECTION

Exercice 1 :

1) Système : {Sacha + Tauros} de masse supposée m ponctuelle.
Référentiel : Terrestre supposé Galiléen (abrégé RTSG).
Repère : Polaire $(O, \overrightarrow{e_r}, \overrightarrow{e_\theta})$
BdF : Poids $\vec{P} = m\vec{g} = mgcos(\theta)\overrightarrow{e_r} - mgsin(\theta)\overrightarrow{e_\theta}$ dirigé verticalement vers le bas. Réaction $\overrightarrow{R_N} = -R_N\overrightarrow{e_r}$ normale au cercle dirigée vers le centre. Propulsion $\overrightarrow{f_P} = f_P\overrightarrow{e_\theta}$ (force que Tauros déploie pour maintenir une vitesse constante) tangente au cercle dans le sens du mouvement.

Schéma :



D'après le PFD : $\vec{P} + \overrightarrow{R_N} + \overrightarrow{f_p} = m\vec{a}$

On cherche $\overrightarrow{R_N}$ donc on n'a pas besoin de projeter sur $\overrightarrow{e_\theta}$.

En projetant sur $\overrightarrow{e_r}$ on a $-m \times \frac{v^2}{r} = mgcos(\theta) - R_N$ d'où :

$$R_N = mgcos(\theta) + m \times \frac{v^2}{r}$$

→ petite astuce : n'oublie pas que selon la normale à la trajectoire (ici selon $\overrightarrow{e_r}$), la composante de l'accélération vaut $\frac{v^2}{r}$ (dès que tu as un cercle tu peux te servir de cette relation)

2) Pour que la voiture passe le looping sans tomber, il faut que Tauros touche toujours le sol, donc qu'il y ait toujours une réaction $\overrightarrow{R_N}$:
Donc $\overrightarrow{R_N} > 0 \Rightarrow mgcos\theta + m\frac{v^2}{r} > 0 \Rightarrow m\frac{v^2}{r} > mg$ donc $v = \sqrt{gr}$

Exercice 2 :

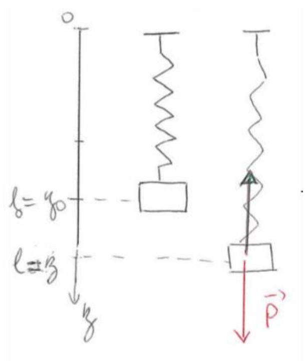
Système : {masse m} ;

Référentiel : RTSG

Repère : Cartésien $(O, \overrightarrow{u_z})$ avec $\overrightarrow{u_z}$ orienté vers le bas

Forces : poids $\vec{\boldsymbol{P}} = \boldsymbol{m}\vec{\boldsymbol{g}}$, force de rappel du ressort $\vec{\boldsymbol{F}} = -\boldsymbol{k}(\boldsymbol{l} - \boldsymbol{l_0})\overrightarrow{u_z}$, frottements fluide (air) $\vec{\boldsymbol{f}} = -\boldsymbol{\lambda}\,\vec{\boldsymbol{v}} = -\boldsymbol{\lambda v}.\overrightarrow{u_z}$. **Remarque** : La poussée d'Archimède dans un solide ou dans un gaz (ici l'air) est toujours négligeable)

Schéma :



(Rajoute juste les frottements sur ton schéma, tu les as peut-être oubliés ! (comme moi))

D'après le PFD : $\vec{F} + \vec{P} + \vec{f} = m\,\vec{a}$

Projection selon $\overrightarrow{u_z}$: $mg - k(z - l_0) - \lambda v = m\ddot{z}$

On en déduit : $\ddot{\boldsymbol{z}} + \frac{\boldsymbol{\lambda}}{\boldsymbol{m}}\dot{\boldsymbol{z}} + \frac{\boldsymbol{k}}{\boldsymbol{m}}\boldsymbol{z} = \boldsymbol{g} + \frac{\boldsymbol{k\,l_0}}{\boldsymbol{m}}$. Et voilà, ton équation différentielle du mouvement est posée !

Astuce : pour tout mouvement de translation, tu obtiens une équation différentielle en te rappelant que l'accélération est la dérivée seconde de la position ($a_x = \ddot{x}$ par exemple). Pour tout mouvement de rotation, l'équation du mouvement (également une équation différentielle) est obtenue à partir de l'angle (θ), la vitesse angulaire ($\dot{\theta}$, dérivée de l'angle) et l'accélération angulaire ($\ddot{\theta}$, dérivée seconde de l'angle).

Chapitre 3 : Dynamique et théorèmes énergétiques

Voici l'autre partie de la dynamique, celle comprenant les théorèmes énergétiques. Tu verras qu'ils sont souvent une alternative pratique à la résolution de certains exos de mécanique.

C'est souvent moins long et moins laborieux qu'un PFD, avec lequel tu auras des intégrations à faire, des constantes qui traînent partout, etc.

Place aux dédicaces maintenant ! Premièrement, la best miff de tout l'INSA, les GET 16. Une ambiance de folie et des soirées endiablées. Merci à Clément le best parrain ever 😉 et Laura la cobiz. Après un gros big up à tous les rescoussiens avec qui j'ai tapé mes meilleures barres durant la semaine de campagne et aussi un grand merci à toutes les autres listes toutes aussi deter les unes que les autres (ou presque ahah).

Et enfin le groupe 15, le seul et l'unique, plein de bonnes surprises. Un énorme merci à leur super délégué aussi (moi) et à son supplément (un certain Siméon je crois).

Bonne chance pour ton IE ! Tu verras la physique c'est de l'eau. (ou presque)

Pierre

COURS

1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter les outils énergétiques utilisés en mécanique pour résoudre des problèmes. En effet, parfois le principe fondamental de la dynamique ne suffit pas ou n'est pas approprié pour parvenir au bout de la résolution.

2. Définitions

1) Le travail

La notion de **travail** est la base de ce chapitre. On appelle travail élémentaire le produit scalaire de la force par le déplacement élémentaire du point d'application soumis à cette force.

Ce qui donne la formule suivante :

$$dW = \overrightarrow{F}.\overrightarrow{dl}$$

Et qui dit déplacement élémentaire dit intégrale pour obtenir le travail entre deux points A et B (Encore de l'OMSI !) :

$$W_{\mathrm{A}\to\mathrm{B}}(F) = \int_A^B \vec{F}.\overrightarrow{dl}$$

Le travail est une énergie exprimée en Joules ou encore en N.m.

Il peut être moteur ou résistant :

- Si $W_{A\to B} > 0$ on dit que le travail de la force est moteur.
- Si $W_{A\to B} < 0$ on dit que le travail de la force est résistant.

Pour donner un sens physique à tout ça, le travail de la force est dit moteur lorsque la force appliquée favorise le déplacement.

Exemple : Le poids lors d'une chute libre.

A l'inverse, lorsque la force est opposée au déplacement le travail est dit résistant.

Exemple : Le poids lors d'une ascension en montagne.

Le travail total de la force entre deux points est la somme de tous les petits travaux élémentaires. Le travail peut dépendre du chemin suivi ou pas !

D'où l'importance de la notion de force conservative et non conservative.

- Une force est **conservative** lorsque son travail entre deux points A et B ne dépend pas du chemin suivi mais uniquement de la position de ces deux points, donc de l'état initial et final. Autrement dit pour un cycle :

$$\oint \vec{F}.\overrightarrow{dl} = 0$$

Exemple : Le poids est une force conservative. (Explication plus loin)

- A l'inverse une force est **non conservative** lorsque son travail entre deux points A et B ne dépend pas du chemin suivi. Autrement dit pour un cycle :

$$\oint \vec{F}.\overrightarrow{dl} \neq 0$$

Exemple : Les forces de frottements qui sont des forces dissipatives, elles font perdre de l'énergie au système et plus le trajet est long, plus le système perd de l'énergie.

2) Énergies

Avec la notion de travail et dans certains cas particuliers où la force en question est conservative, on peut définir des énergies potentielles comme l'énergie potentielle de pesanteur.

Explication :

Si δW est une différentielle exacte, c'est-à-dire que tu peux l'intégrer alors on peut écrire que $\delta W = \vec{F}.\overrightarrow{dl} = -dEp$ avec Ep l'énergie potentielle de la force F.

NB : Pour faire le lien avec les forces conservatives, chaque force conservative dérive d'une énergie potentielle.

Cette année tu auras besoin de connaitre deux énergies potentielles :

- L'énergie potentielle de pesanteur : $Epp = mgz$ (Si l'axe (Oz) vers le haut)
- L'énergie potentielle élastique : $Epe = \frac{k}{2}(l - l_0)^2$ (Utile à connaitre)

Bien sûr il en existe d'autres comme l'énergie potentielle électrique ou encore élastique en rotation, etc.

Pour ce chapitre tu auras également besoin des formules que tu as apprises au lycée :

$$Ec = \frac{1}{2}mv^2$$

$$Em = Ec + Ep$$

3) Puissance

La puissance est définie comme la dérivée d'une énergie par rapport au temps. Et on rappelle que le travail est une énergie ! La puissance est la dérivée du travail par rapport au temps : $P = \frac{dW}{dt}$

Or la vitesse est définie comme $v = \frac{dl}{dt}$ et en réutilisant la définition du travail on obtient :

$$P = \vec{F}.\vec{V}$$

3. Théorèmes énergétiques

Après toutes ces définitions voici le cœur du chapitre et les deux nouveaux théorèmes que tu devras connaître par cœur.

1) Théorème de l'énergie cinétique (TEC)

- $\Delta Ec = Ec(B) - Ec(A) = \sum W_{i,A \to B}$

  Autrement dit, la **différence d'énergie cinétique entre deux points A et B** est égale à la **somme des travaux des forces appliqués au point matériel**.

2) Théorème de l'énergie mécanique (TEM)

- $\Delta Em = Em(B) - Em(A) = \sum W_{i,\, fnc}$

  Autrement dit la différence d'énergie mécanique entre deux points A et B est égale à la somme des travaux des **forces non conservatives** appliqués au point matériel.

NB : En combinant ces théorèmes énergétiques et le principe fondamental de la dynamique, tu pourras écrire les équations différentielles du mouvement.

3) Équilibre d'un système

Cette dernière partie n'est pas la plus compliquée, mais il est important de comprendre le sens physique de ce que l'on va calculer.

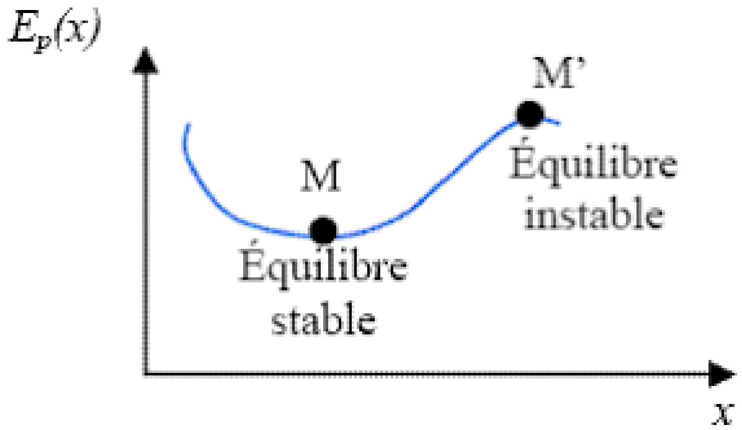
- Un système est dit à l'équilibre stable si lors d'un tout petit déplacement $d\mathrm{l}$, le système revient en place dans sa position de départ.

<u>Exemple</u> : un téléphone posé sur la table à plat, si tu lèves un côté de celui-ci il va retomber dans sa position initiale.

- À l'inverse, un système est dit à l'équilibre instable si lors d'un tout petit déplacement *dl,* le système « chute » et atteint une autre position.

<u>Exemple</u> : Un stylo posé verticalement sur la table, si tu touches à peine ton stylo et donc que tu lui fais faire un déplacement dl, celui-ci va tomber et se retrouver à l'horizontale (tu noteras que cette fois il a atteint une position d'équilibre).

D'un point de vue énergétique, l'équilibre sera instable **lorsque l'énergie potentielle sera maximale.**



Pour déterminer un équilibre stable graphiquement, tu peux aussi imaginer une bille sur la courbe. Si on déplace légèrement la bille dans le creux alors elle reviendra dans sa position initiale, l'équilibre est stable. Mais si on déplace légèrement la bille sur la crête alors celle-ci tombera dans le creux, l'équilibre est donc instable.

Passons maintenant à la partie calculs, on dérive deux fois l'énergie potentielle en fonction de la variable du déplacement et on observe son signe pour avoir des infos sur la convexité de la courbe. (oula encore des maths)

Si $\frac{d^2Ep}{d^2\theta} > 0$, l'équilibre est stable (cela correspond à un minimum d'énergie potentielle)

Si $\frac{d^2Ep}{d^2\theta} < 0$, l'équilibre est instable (cela correspond à un maximum d'énergie potentielle)

EXERCICES

Exercice 1 : Facile

Un Rattata sauvage de masse m est en plein combat contre un Qlbutoké sur un arbre. Malheureusement, Rattata tombe et fait une chute de 30 m, sans vitesse initiale. Détermine la vitesse à laquelle Rattata atteindra le sol (on négligera les frottements).

Données : m = 50 kg ; g = 9,81 $m.s^{-2}$

Exercice 2 :

Un bon dresseur ne s'arrête jamais de capturer des Pokémons ! Ici, Sacha est en difficulté car il n'a plus de Pokéball pour attraper un Rayquaza sauvage. Un ami, qui aperçoit la scène décide de faire glisser une Pokéball de masse m jusqu'aux pieds de Sacha pour le sauver. Sacha et son ami sont tous les deux situés sur le sol supposé horizontal et sont séparés par une distance de 15 mètres. La Pokéball est lancée avec une vitesse initiale v_i.

On note μ le coefficient de frottement statique de la Pokéball sur le sol. On pourra assimiler la Pokéball à un point. La Pokéball arrivera-t-elle à glisser jusqu'à Sacha ?

Données : m= 500 g $\quad \mu$ *= 0,2* $\quad v_i = 5\ m/s$

CORRECTION

Exercice 1 :

Système : {Rattata} **Référentiel** : Terrestre supposé galiléen

Repère : (Oy) orienté vers le haut **Bilan des forces** : poids uniquement

On applique le Théorème de l'énergie cinétique :

Rattata tombe du point A et atterrit en B.

On obtient : $\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = W_{A \to B}(\vec{P})$

Avec : $E_c(A) = 0$ (pas de vitesse initiale)

Et : $W_{A \to B}(\vec{P}) = -mg(z_B - z_A)$

On a donc : $v_B = \sqrt{2gz}$

AN : 24 m/s.

Exercice 2 :

Système : {Pokéball} **Référentiel :** Terrestre supposé galiléen

Repère : (Ox) orienté vers la droite

Bilan des forces : poids ; réaction du sol ; frottements

(Faire un schéma)

Déjà tu peux simplifier le problème en disant que la réaction du support $\vec{R}_N$ et le poids se compensent verticalement. Donc $\|\vec{R}_N\| = \|\vec{P}\| = mg = 4{,}9\ N$

Ensuite tu appliques le Théorème de l'énergie mécanique :

$$\Delta E_m = -W_{A\to B}(\vec{f})$$

$$\Delta E_{pp} + \Delta E_c = \|\vec{f}\|.AB$$

$$E_c(A) = \mu.\|\vec{R}_N\|.AB$$

Remarque $\Delta E_{pp} = 0$ car pas de changement d'altitude et $E_c(B) = 0$ car pokéball immobile en B.

Il ne te reste plus qu'à vérifier que les deux côtés soient bien égaux.

AN : $E_c(A) = 6{,}25\ J$ et $\mu.\|\vec{R}_N\|.AB = 14{,}715\ J$

L'énergie cinétique qu'a la Pokéball est donc insuffisante pour lutter contre les forces de frottements et arriver jusqu'à Sacha. Dommage pour lui !

Chapitre 4 : Statique du solide

Salut à toi jeune dresseur !

J'espère que tu as digéré le premier semestre de physique et que tu es prêt à attaquer la mécanique qui t'occupera une bonne partie du semestre !

Cette partie est bien plus digeste que l'élec mais il faudra néanmoins que tu comprennes bien les bases vues dans les premiers chapitres. Ne t'en fais pas, les premières notions sont relativement simples et plus ou moins vues au lycée.

Mais avant de passer au gros de ce chapitre, il faut avant tout passer par la case dédicace !

Ma première dédicace est naturellement au G5 et plus particulièrement à nos crêpes party où rien ne va en B317 chez Guewen. Dédicace aux AI avec qui j'ai passé une inté incroyable (Big up à Paulo et Inès les resp 😉). Enfin grosse dédicace à tous les listés avec qui on a passé une semaine de campagne magique.

Johann

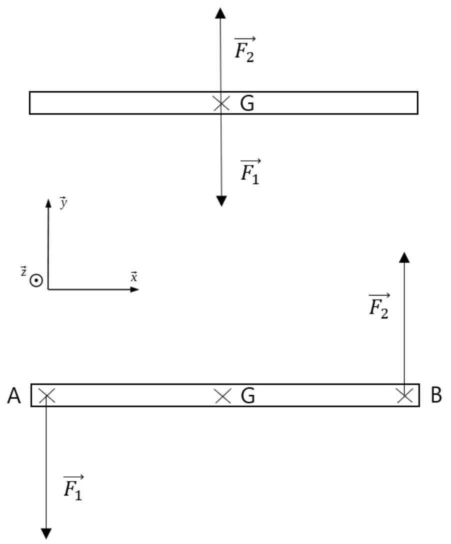
COURS

1. Moment d'une force

1) La notion de moment

La notion de moment est liée à la rotation. En effet, dans ce chapitre on ne s'intéresse plus à un point mais à un **solide** qui peut avoir un mouvement de translation et/ou de rotation. Il faut donc bien prendre en compte le point d'application des forces qui s'appliquent sur le solide. Par exemple, si tu appliques deux forces opposées de même norme au centre d'une barre, elle va rester immobile, mais si tu les appliques sur les extrémités, elle va se mettre à tourner.

Le moment d'une force, c'est donc sa capacité à mettre un point ou un solide en **rotation**. On le note généralement $\Gamma_G(\vec{F})$ ou alors $\overrightarrow{M_G}(\vec{F})$.



$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$$
$$\sum \Gamma_G(\overrightarrow{F_{ext}}) = 0$$

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0}$$
$$\sum \Gamma_G(\overrightarrow{F_{ext}}) \neq 0$$

Remarque : dans cet exemple, $\overrightarrow{F_1}$ et $\overrightarrow{F_2}$ forment un **couple de forces**.

2) Calculer un moment

Il y a deux façons de calculer un moment, il faut donc choisir quelle méthode est la plus simple à utiliser en fonction des données de l'exercice.

La première méthode utilise le produit vectoriel (que tu as dû voir en OMSI) et donnera donc un moment sous forme de vecteur. Avec cette méthode, on calcule le moment d'une force par rapport à un point. Sur le schéma de tout à l'heure, on a :

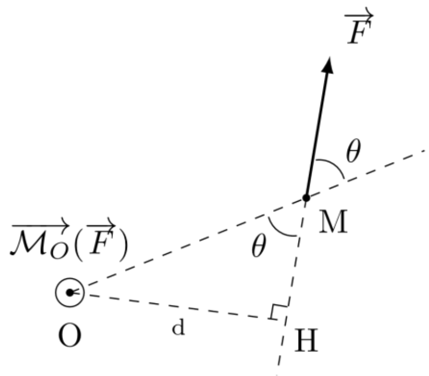
$$\overrightarrow{\Gamma_G}\left(\overrightarrow{F_1}\right) = \overrightarrow{GA} \wedge \overrightarrow{F_1}$$

La deuxième méthode utilise le bras de levier (qu'on va noter ici d) et donnera un moment sous forme de scalaire. Ici on calcule le moment d'une force par rapport à un axe et non plus par rapport à un point. Le moment se note :

$$\Gamma_{Oz}\left(\vec{F}\right) = d \times \left\|\vec{F}\right\|$$

Cette méthode est souvent plus rapide mais tu dois faire attention à deux choses : ne pas te tromper de **bras de levier** et trouver le bon **signe du moment**.

<u>Pour trouver le bras de levier</u>, il faut prolonger la droite d'action de ta force et tracer la droite perpendiculaire qui passe par ton axe de rotation (**attention**, il ne faut pas confondre avec la distance entre le point d'application de ta force et l'axe de rotation comme dans la première méthode !)



<u>Pour trouver le signe du moment</u>, il faut regarder dans quel sens ta force fait tourner l'objet. Tu peux ensuite utiliser la règle du tire-bouchon pour trouver le sens de rotation positif. Ici, les forces font tourner la barre dans le sens positif.

3) Moment nul

Un moment est nul si :

- La force s'applique sur le point en question
- La droite d'action de la force passe par l'axe de rotation
- La droite d'action de la force est parallèle à l'axe de rotation

2. Principe fondamental de la statique du solide (PFS)

Comme on l'a vu au début, pour qu'un solide soit immobile, il ne suffit plus que la somme des forces soit nulle. Tu dois donc maintenant vérifier **deux** conditions :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0} \qquad ET \qquad \sum \overrightarrow{\Gamma_G}(\overrightarrow{F_{ext}}) = \vec{0}$$

Remarque : si un solide immobile est soumis à 3 forces, alors ces 3 forces sont concourantes.

3. Statique des fluides

Trois petites formules à apprendre et tu sauras tout sur la statique des fluides :

- La poussée d'Archimède : $\overrightarrow{P_A} = -\rho V \vec{g}$

Avec ρ la masse volumique du fluide déplacé et V le volume du fluide déplacé (donc le volume de solide immergé)

- La force pressante : $\overrightarrow{F_P} = P \times S \times \vec{n}$

Avec P la pression, S la surface où s'applique la force et $\vec{n}$ la normale à S

- La relation fondamentale de la statique des fluides : $dP = \rho g dz$

EXERCICES

Exercice 1 :

Le jeune Sacha, en vue de son prochain match duel, s'entraine à se mettre debout sur le dos de Dracaufeu sans tomber mais Pikachu arrive pour se poser à côté de Sacha. Sacha a son premier pied au centre du dos de Dracaufeu et le deuxième situé à 50 cm du centre (on modélisera Dracaufeu par une barre d'épaisseur négligeable). Supposons que son corps pèse 60kg, et que sa masse est répartie à l'équivalence entre ses deux pieds. On suppose que Dracaufeu est à l'équilibre. Où doit se placer Pikachu pour que Dracaufeu ne bascule pas et que Sacha ne tombe pas de Dracaufeu ?

Données : masse de Pikachu = 4 kg *$g = 9.81\ m.s^{-2}$*

Exercice 2 :

Sacha lance une Pokéball mais cette dernière ne s'ouvre pas et tombe dans un lac. Quelle est la masse maximale que la Pokéball peut avoir pour flotter, en considérant qu'elle est immergé au ¾ ?

Données : $g = 9.81\ m.s^{-2}$ / $\rho_{eau} = 1000\ Kg.m^{-3}$ / volume Pokéball V= 4 L

CORRECTION

Exercice 1 :

On a trois forces qui s'appliquent sur le dos de Dracaufeu : le poids des deux jambes de Sacha $\Gamma_{Oz}(\overrightarrow{P_{pieds\,1}})$ et $\Gamma_{Oz}(\overrightarrow{P_{pied\,2}})$ et le poids de Pikachu $\Gamma_{Oz}(\overrightarrow{P_{Pikachu}})$. Pour que Dracaufeu soit à l'équilibre, il faut que la somme des moments de ces forces soit nulle. D'après le PFS on a donc : $\sum \Gamma_{Oz}(\overrightarrow{P_{pieds\,1}}) + \Gamma_{Oz}(\overrightarrow{P_{pied\,2}}) + \Gamma_{Oz}(\overrightarrow{P_{Pikachu}}) = 0.$

Le poids de la jambe au milieu de la barque à un moment nul car il s'applique au point de rotation donc $\Gamma_{Oz}(\overrightarrow{P_{pied\,1}}) = 0.$

Pour trouver le moment des deux autres forces, on va utiliser la méthode des bras de levier.

On commence par trouver la norme du poids dans la jambe de gauche : $P_{pied\,2} = mg = \frac{60}{2} \times 9{,}81 = 294{,}3\,N$ et on en déduit le moment de cette force : $\Gamma_{Oz}(\overrightarrow{P_{pieds\,2}}) = +\,P_{pied\,2} \times 0{,}5 = 147{,}15\,N/m$

On note x la distance entre le centre du balais et la position de Pikachu, on a donc $\Gamma_{Oz}(\overrightarrow{P_{Pikachu}}) = -\,P_{Pikachu} \times x = -4 \times 9{,}81 \times x = -39{,}24x$

On en déduit que $147{,}15 = 39{,}24x$ donc $x = \frac{147{,}15}{39{,}24} = 3{,}75\,m$

Exercice 2 :

Ici la Pokéball est soumis à 2 forces : son poids et la poussée d'Archimède. Si on veut qu'elle flotte, il faut que la norme du poids soit inférieure ou égale à la norme de la poussée d'Archimède.

On a $P_A = \rho V g$ et $P_{pokéball} = mg$

On en déduit que $P_{pokéball} \leq P_A \rightarrow m \leq \frac{\rho V g}{g} = \rho V = 1000 \times 4 \times \frac{3}{4} \times 10^{-3} = 3\,kg$

Chapitre 5 : Dynamique du solide

Hello p'tit bizz ! Félicitations pour ton admission. Maintenant que tu es officiellement un Insalien, tu vas être confronté à diverses disciplines et notamment la physique. Même si le premier semestre a pu te paraître hostile avec l'optique et l'élec tu vas voir que le second est plus sympa avec la méca (enfin normalement).

Tu as vu précédemment la mécanique du point et maintenant, tu vas continuer sur ta lancée en t'attaquant à la dynamique du solide. Ce chapitre aborde 2-3 notions qui peuvent te paraître barbares mais ne t'inquiètes pas avec les connaissances du chapitre précédent ça ira tout seul 😉.

Dédicace à ma team les TLS et grosse dédicace aux 7 listes qui ont fait une super campagne !!!!

Johann

COURS

1. Théorèmes énergétiques

1) Énergie totale d'un système

A) Énergie cinétique totale Ec

Comme mes compères ont dû te l'apprendre dans les chapitres précédents, l'énergie cinétique d'un système est définie par la somme des énergies cinétiques en chaque point. Si le solide est indéformable, possède une masse m et réalise un mouvement en translation, tous les points du solide possèdent la même vitesse. On peut ainsi écrire :

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

Cependant, pour un système indéformable en rotation autour d'un axe, c'est la vitesse angulaire ω qui va influer sur l'énergie cinétique, tandis que le moment d'inertie J_Δ par rapport à son axe de rotation va quant à lui opposer une « résistance » au mouvement.

$$E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$$

Ce moment d'inertie est l'équivalent d'une masse pour un système de rotation. Il est défini par :

$$J_\Delta = \sum m_i r_i^2 = \iiint r^2 dm = \iiint r^2 \rho dV \ \ (cf\ OMSI)$$

Comme vu précédemment, la variation d'énergie cinétique dans un système représente la somme des travaux des forces durant tout le trajet effectué.

$$\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = \sum\nolimits_{A \to B} W_{ext} + \sum\nolimits_{A \to B} W_{int}$$

Ainsi pour un solide indéformable, le travail des forces intérieures au cours du mouvement est nul. On obtient donc :

$$\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = \sum\nolimits_{A \to B} W_{ext}$$

B) Énergie potentielle de pesanteur total Epp

Je pense pouvoir dire sans me tromper que cette partie va être ta préférée. En choisissant z = 0 comme point de référence, on obtient Epp = mgz et ce, peu importe le mouvement ! Cette formule marche à la fois en translation et en rotation.

C) Énergie mécanique totale Em

Comme dans l'étude du point, l'énergie mécanique totale représente la somme des énergies cinétique et potentielle totales : Em = Ec + Ep

L'équation ΔEm = ∑ Wext, nc (non conservative) reste valable à condition que le système soit indéformable.

2) Travail et puissance

A) Travail

Je vais encore une fois répéter ce que mes collègues t'ont dit lors du chapitre sur les théorèmes énergétiques :

$$\delta W_i(\overrightarrow{F_i}) = \overrightarrow{F_i} \, . \, \overrightarrow{dl_i}$$

Cependant, dans le cas d'un mouvement de rotation, on ne vient pas parler des forces mais bien des moments des forces :

$$\delta W_i(\overrightarrow{F_i}) = \overrightarrow{F_i} \, . \, \overrightarrow{dl_i} = \overrightarrow{M_{F_i}(\Delta)} \, d\theta$$

B) Puissance

Par définition, la puissance pour un mouvement de translation s'exprime par :

$$P = F . v$$

Tandis que pour un mouvement de rotation :

$$P = M(\Delta) \, . \, \boldsymbol{\omega}$$

1. Principe fondamental de la dynamique (PFD)

1) Mouvement de translation du solide

Voici celui qui va occuper la majeure partie de ton temps durant ce second semestre. Il sera là dans les meilleurs comme dans les pires moments ! (On passera sur ce jeu de mots…) Je te parle bien évidemment du Principe Fondamental de la Dynamique aussi appelé PFD pour les intimes :

$$\sum \overrightarrow{F_i} = \frac{\overrightarrow{dP}}{dt} = m \, \vec{a}$$

Avec $\vec{a}$ qui représente l'accélération du centre de gravité.

2) Mouvement de rotation du solide

Encore une fois, toute la magie de ce chapitre va encore s'exprimer ! Il te suffit de remplacer dans les formules de translation :

- L'accélération linéaire $\vec{a}$ par l'accélération angulaire $\ddot{\theta}$ (ou $\dot{\omega}$ selon ta préférence)

- La masse m par le moment d'inertie J_Δ ou Δ est l'axe de rotation du mouvement

On obtient alors :

$$\sum \overrightarrow{M_{F_i}(\Delta)} = \sum m_i r^2 \ddot{\theta} = J_\Delta \ddot{\theta}$$

2. Bilan

Ce chapitre se rattache à nombre de chapitres précédents et tout particulièrement à la dynamique du point. Durant ce chapitre, il s'agit simplement de comprendre qu'on parlera maintenant d'un solide en mouvement et non plus d'un point. Afin de retenir plus facilement les formules il te suffit de retenir l'analogie entre mouvement de translation et de rotation. En translation, on va utiliser des forces, des masses, des vitesses et accélération linéaire qui vont devenir respectivement des moments, des moments d'inertie, et des vitesses et accélérations angulaires.

EXERCICES

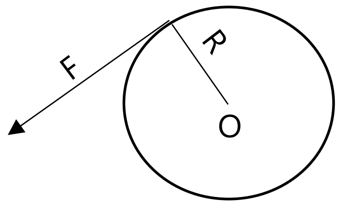
Suite à de nombreuses heures de théorie tu te décides finalement à mettre en application ce que l'on t'a enseigné. Tu te munis d'une Pokéball que l'on considérera plate de rayon R et d'épaisseur h, capable de tourner suivant un axe Oz passant par le centre du disque O perpendiculairement à sa surface plane. Pour t'entrainer, à l'instant t=0, tu exerces une force $\vec{F}$ constante et tangentielle au bord de la Pokéball. On la supposera parfaitement horizontal et on négligera les forces de frottement.

1. Représente la situation à l'aide d'un schéma (C'est un must have pour gagner des points facilement et même pour mieux se représenter la situation).

2. Calcule le moment d'inertie du disque en bois en fonction de R, h et $\rho_{pokéball}$ (masse volumique du bois).
3. A l'aide du PFD détermine la vitesse qu'atteint la pokéball à un instant t.
4. Faire l'application numérique avec comme valeurs : *t=1.0 s ; F = 2 N ;* *$\rho_{pokéball}$ = 600 kg/m³ ; R = 20 cm ; h = 2 cm*

CORRECTION

1.



2. Calcul du moment d'inertie via les coordonnées cylindriques :

$$J_{Oz} = \iiint r^2 \rho_{pokéball} dV = \rho_{pokéball} \iiint r^2 dr \;\; r d\theta \, dz$$

$$J_{Oz} = \rho_{pokéball} \int_0^{r=R} \int_0^{\theta=2\pi} \int_0^{z=h} r^3 dz \, d\theta \, dr$$

$$J_{Oz} = \frac{1}{2} \pi R^4 h \rho_{pokéball}$$

3. On utilise le PFD autour de l'axe Oz :

Le poids et la réaction du support ont un moment nul par rapport à l'axe.

On obtient donc l'équation suivante :

$$\sum \overrightarrow{M_{ext}(Oz)} = J_{Oz} \ddot{\theta}$$

$$\leftrightarrow \overrightarrow{M_F(Oz)} = J_{Oz} \ddot{\theta}$$

$$\leftrightarrow FR = \frac{1}{2} \pi R^4 h \rho_{pokéball} \ddot{\theta}$$

$$\leftrightarrow \ddot{\theta} = \frac{2F}{\pi R^3 h \rho_{pokéball}}$$

Par intégration par rapport au temps on trouve :

$$\boldsymbol{\omega(t) = \frac{2F}{\pi R^3 h \rho_{pok\acute{e}ball}} t + \omega_0}$$

Avec ω_0 = 0 rad/s (car disque initialement a l'arrêt)

$$\boldsymbol{\omega(t) = \frac{2F}{\pi R^3 h \rho_{pok\acute{e}ball}} t}$$

4. A.N. ω (1.0) = 13.3 rad/s

Chapitre 6 : Oscillations mécaniques

Yooooooooo ! Okay je calme mon entrain parce que si t'es là c'est que quand t'entends oscillations mécaniques t'as qu'une seule envie c'est de prendre tes jambes à ton cou ou un aller simple pour les îles Fidji… Donc laisse-moi t'aider et t'expliquer assez simplement de quoi il retourne, tu vas voir c'est pas si terrible en vrai 😉.

Mais avant ça, place aux dédicaces !!! Premièrement, il est normal de commencer par là, grosse dédi à Ins'à la rescousse ! Merci les bg on a tout niqué pendant la campagne et surtout on était un peu rigolo. Je vous aime les gars !!!! (déclaration d'amour sobre je tiens à préciser). Petite mention particulière à notre insaman sur roller <3.

Merciiiiii à ma mif les insane !!!! Parce que insane que du sale mais du love aussi ! Et oui INSANE MOTHER FUCKER ! Dans la lancée je remercie ma marraine Joumène (même si t'es dans l'arbre ZZ 😉) et j'envoie des bisous à ma lignée et à mon super cobiz Raph le marseillais qui hiberne parce qu'il craint trop le froid mdrrrrrr. Je remercie aussi les copains : Roro, Liam, Léa, Lise, Louison, Selim et tous les autres.

Evidemment je fais une très grosse dédicace à la meilleure des coturnes Lou !! Merci pour cette année passée à tes côtés dans cette turne qui a vu de la vie et un tas de conneries (je maitrise la rime t'as vu), bref on l'aime notre turne josseline malgré ses couleurs quelque peu atypiques. J'ai hâte qu'on se retrouve au C pour encore plus de souvenirs et de bêtises !

Quant à toi petit bizu qui lis ces dédicaces, amuse-toi bien à l'INSA, sors, rencontre des gens et surtout profite de la k-fet et de ses pintes aux tarifs alléchants 😊. Mais avant ça place aux révisions, tiens bon tu vas y arriver !

Daphné

COURS

1. Généralités

Tout d'abord, ptit retour aux bases. Il faut savoir que l'on caractérise une oscillation par **sa période** (plus petit des intervalles de temps où le phénomène se répète identique à lui-même), **sa fréquence** (inverse de la période) et **son mouvement** (avec des variations périodiques ou pseudopériodiques). Chaque mouvement d'oscillation peut être mis en équation.

Il s'exprimera en fonction de <u>la pulsation</u> w, de <u>l'amplitude</u> s_m, et <u>de sa phase à l'origine</u> φ. Sa solution générale est : $\boldsymbol{s(t) = s_m \times \cos(wt + \varphi)}$.

Remarque : Sache que dans certains cas, les caractéristiques s_m et φ peuvent disparaître car elles sont déterminées par les CI, pratique non ? 😉

Maintenant que tu connais le principal, attaquons les choses sérieuses.

On peut diviser le chapitre <u>Oscillations</u> en deux parties : les <u>oscillations libres</u> et les <u>oscillations forcées.</u>

2. Oscillations libres

Okay, pas de panique tu vas t'en sortir ! Au final, c'est pas très compliqué. Pour ce qui s'agit des oscillations libres tu es confronté à deux cas : soit des oscillations amorties (par des frottements en général) ou des oscillations non-amorties.

N'oublie pas que dans ce chapitre, le plus difficile et important est de savoir :

analyser le problème, y associer le cas correspondant, pouvoir ressortir l'équa diff qui correspond et la solution qui décrit le mouvement !

Une fois que t'as compris ça, t'es un dieu de la méca et franchement ça régale en ie 😊 .

1) Pour un oscillateur harmonique non-amorti

Commençons par le cas le plus simple. Il n'y a ni frottement ni force extérieure qui imposent une oscillation. On n'a pas de pertes énergétiques, on a donc affaire à un système conservatif.

On a alors l'équa diff suivante : $\frac{d^2s}{dt^2} + \boldsymbol{w_0^2 s = 0}$, avec w_0 la pulsation propre.

Sa solution générale est : $\boldsymbol{s(t) = s_m \cos(w_0 t + \varphi)}$. s_m et φ sont déterminés par les conditions initiales donc grâce à $s(t = 0)$ et $\dot{s}(t = 0)$.

Avec ça on définit la période propre de l'oscillateur tq : $\boldsymbol{T_0 = \frac{2\pi}{w_0}}$

Attention : la fréquence d'oscillation (donc la période) ne dépend pas de l'amplitude !

2) Pour un oscillateur amorti par un frottement fluide (ou visqueux)

Ici, il y a trois cas possibles. En revanche, ils répondent tous à la même équation générale du mouvement :

$$\boldsymbol{\frac{d^2s}{dt^2} + 2\delta \frac{ds}{dt} + w_0^2 s = 0}$$

La grandeur δ est le coefficient d'amortissement. Ainsi, les trois cas dépendent du niveau d'amortissement de l'oscillateur et donc de la valeur de δ.

Comme tu l'as vu en maths (si tu t'es pas endormi pendant l'amphi…), on peut calculer Δ de l'équation caractéristique associée : $r^2 + 2\delta r + w_0^2 = 0$. Comme t'es un crack tu obtiens : $\Delta = 4(\delta^2 - w_0^2)$.

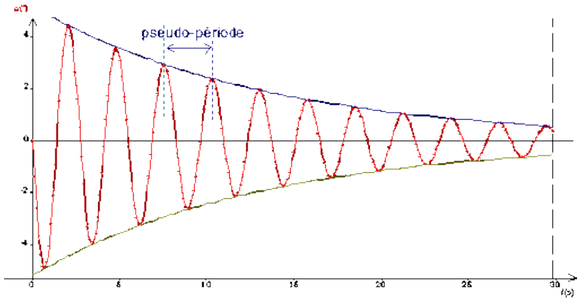
Pas de panique, ça fait beaucoup de mots compliqués pour pas grand-chose. C'est maintenant que se présentent à toi les trois cas :

- Pour un oscillateur faiblement amorti : $\boldsymbol{\varphi < w_0}$ **ou** $\boldsymbol{\Delta < 0}$

La solution générale de l'équation est : $\boldsymbol{s(t) = Ae^{-\delta t} \cos(wt + \varphi)}$

Le mouvement est dit **oscillatoire amorti**. Sa courbe possède une enveloppe exponentielle.

La durée de vie des oscillations vaut $\frac{1}{\delta}$ et la pseudo-période (intervalle de temps qui sépare deux passages successifs par la position d'équilibre) vaut $T = \frac{2\pi}{w}$.



- <u>Pour un oscillateur très amorti</u> : $\boldsymbol{\varphi > w_0}$ **ou** $\boldsymbol{\Delta > 0}$

  Là c'est cool c'est comme en maths, tu calcules les racines $r_1$et r_2 et la solution est : $\boldsymbol{s(t) = ae^{r_1 t} + be^{r_2 t}}$

  Attention !! Vérifie bien que $r_1$et r_2 soient négatifs.

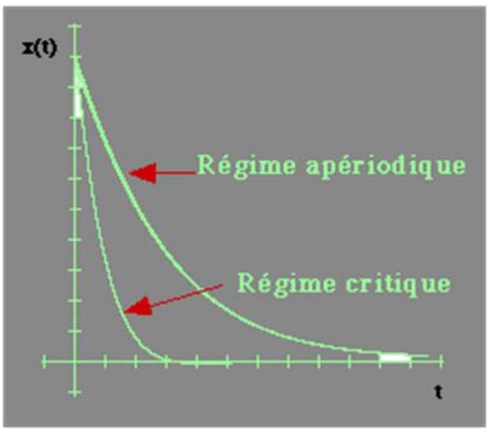
  Le mouvement est **apériodique**, **la courbe est décroissante**. Lorsque t tend vers l'infini, il y a un retour à la position d'équilibre.

- <u>Pour un amortissement critique</u> : $\boldsymbol{\varphi = w_0}$ **ou** $\boldsymbol{\Delta = 0}$

  Ici, t'as une seule racine double, $r = -\delta = -w_0$. On a donc :

  $$\boldsymbol{s(t) = (at + b)e^{-w_0 t}}$$

  Ce régime est celui qui permet de revenir le plus vite à la position d'équilibre, il est idéal et quasi-impossible à obtenir en réalité.



3. Oscillations forcées

Le plus souvent, c'est une oscillation due à une excitation imposée de l'extérieur. La mise en équation est la suivante :

$$\boldsymbol{\frac{d^2s}{dt^2} + 2\delta\,\frac{ds}{dt} + w_0^2 s = Force\ extérieure\ excitatrice.}$$

Pour les oscillations forcées c'est comme les oscillations libres mais avec un second membre.

Pour résoudre ça, il te faut la **solution homogène** (en exponentielle décroissante) elle correspond au **régime transitoire** car elle disparait avec le temps ; et la **solution particulière**, qui correspond au **régime forcé** et ne dépend pas des conditions initiales.

Et là waaaaaaah, t'as de la chance parce que nous ce qu'on veut c'est étudier les oscillations forcées donc la solution homogène on s'en fout !!! **On s'occupe donc seulement de la solution particulière** qui est du **même type que le second membre** (me demande pas pourquoi je sais juste que ça marche, c'est un truc de physicien).

Une fois ta solution particulière obtenue (souvent en cos ou sin) tu passes en complexe (ouais je sais t'aime pas ce que tu lis là, mais je te jure c'est plus simple). Ainsi tu peux déterminer l'amplitude et la phase à l'origine. Tu remarqueras, si t'as bien fait ton boulot, que **l'amplitude dépend de la fréquence d'excitation**.

Lorsque que la courbe présente un maximum, on dit qu'il y a **résonance**. On remarque que la fréquence de résonance est très proche de la fréquence propre du système. De plus, plus l'amortissement est faible plus la résonance est importante.

On remarque aussi que pour une fréquence très faible de l'excitateur, l'amplitude de l'oscillateur reste proche de celle de l'élongation à l'équilibre. En revanche, pour une fréquence trop élevée par rapport à la fréquence propre de l'oscillateur, le système reste pratiquement immobile.

Bon, si t'es encore là j'espère que ça t'aura été utile et j'espère que t'as un peu mieux compris maintenant et si comme moi quand j'étais à ta place ça te rappelle quelque chose cette histoire d'équations différentielles et de passage en complexe et bien bravo t'as bien écouté les cours d'élec du premier semestre ! Tu peux faire l'analogie avec les circuits électriques mais bien sûr c'est du bonus !

EXERCICES

Pour capturer un Dracaufeu, Sacha doit traverser une plaque montée sur un ressort de longueur à vide l_0, de constante de raideur k et fixé verticalement au sol. En bon physicien que tu es, tu décides de l'aider pour ne pas qu'il se fasse éjecter quand il montera dessus. On considère le poids de la plaque comme négligeable et M le poids de Sacha.

1. Indique à Sacha la compression du ressort Δl à sa montée sur la plaque.

2. Malheureusement, pendant que Sacha traverse, la Team Rocket décide d'écarter la plaque d'une distance A de sa position, puis de la lâcher sans vitesse initiale. En négligeant les forces de frottements, détermine l'équation différentielle régissant l'évolution de la plaque. Résous l'équation différentielle.

CORRECTION

1. On a : $\Delta l = Mg/k$

2. Le plus simple est de prendre comme origine de l'axe (Ox) l'extrémité haute du ressort à l'équilibre (axe orienté vers le bas). Dans ce cas, on applique le PFD :

$$M\ddot{x} = Mg - kx$$

Soit $M\ddot{x} + kx = Mg$

En conservant le même repère et en prenant t=0 quand la Team Rocket lâche la plaque, on obtient : $x = A \times \cos\left(k\sqrt{t}\right) + \frac{Mg}{k}$

Il est évidemment possible de prendre un autre repère comme avec O au niveau du sol, mais cela implique d'introduire l_0 dans les équations.

Chapitre 7 : Champs électriques et magnétiques

Helloooo petit bizuth !!!

Je sais, actuellement, tu n'as qu'une seule envie : fermer ce poly et aller faire un petit tour à la k-fet pour t'éclater avec tes potes mais si tu es là c'est sûrement que l'ie approche et que... eh bien tu n'as plus trop le choix ! Mais pas de panique : je t'ai concocté un petit cours de klité pour t'aider à y voir plus clair (et rejoindre au plus vite tes potes 😉). Et tu vas voir, l'électromag c'est pas si compliqué (bon je t'avoue la méca va un peu te manquer mais tkt, elle va quand même t'être utile (et oui tu pensais vrm te débarasser aussi facilement que ça des PFD)).

Mais avant tout, place aux dédicaces !! Je ne me vois pas commencer sans une grosse dédi à Ins'à la rescousse ! Vrm merci à cette liste incroyable avec qui on a passé des moments un petit peu rigolos, on va pas se le cacher ;))

Ensuite je ne dirai jamais assez merciiii à ma mif de bg les insane !!! Clairement la meilleure des familles parce que oui, on est INSANE MOTHER FUCKER ou on ne l'est pas!! D'ailleurs j'en profite pour remercier ma marraine, la best : Elise ainsi que tous les coupains : Daphné, Roro, Liam, Selim et la liste est encore longue haha.

Et bien sûr, une énorme dédicace à Louison *#Coloc Madiline* aka la BEST des coturnes !!! Vrm merci pour cette année incroyable dans cette thurne de klité qui a vu pas mal de nos conneries (RIP les oreilles de nos voisines parce qu'on va pas se mentir on chante comme des casseroles). J'ai trop hâte qu'on se retrouve au C pour encore plus de bêtises, de soirées potins et de memories !!

Enfin bref, maintenant place aux champs et autres subtilités que tu vas kiffer autant que la polenta du Beurk 😉

Léa

COURS

Avant tout, je t'invite à bien comprendre tout le chapitre sur les champs d'OMSI (chapitre 7), et bonne lecture petit biz 😉

1. Les champs électrostatiques et magnétostatiques

1) Le champ $\vec{E}$:

Le champ électrostatique représente la direction que prend une particule chargée lorsqu'elle est placée dans un espace contenant des charges électrostatiques. C'est un champ vectoriel.

Pour la suite, retiens bien que POUR DES CHARGES FIXES,
champ/force électrique = champ/force électrostatique

Relation à mémoriser : **loi de Coulomb** :

$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\varepsilon} * \frac{q\overrightarrow{PM}}{PM^3}$$

(oui je suis d'accord, elle n'est pas très belle cette formule...)

Cette loi donne le champ électrique $\vec{E}$ au point M créé par une charge ponctuelle q située au point P. ε correspond à la permittivité du matériau (souvent le vide). Le champ $\vec{E}$ s'exprime en Volt par mètre : $V.m^{-1}$.

Petit cadeau : dans le vide, $\frac{1}{4\pi\varepsilon} = 9{,}0 \times 10^9$ USI

Au niveau de la carte du champ $\vec{E}$, on peut remarquer que :

- Les lignes de champ partent des charges + pour aller vers les charges -.
- Elles sont plus resserrées dans les régions où le champ est fort.
- Elles ne peuvent pas se couper, sauf aux points où le champ est nul.

2) Le champ $\vec{B}$:

Le champ magnétique est aussi un champ vectoriel. La source de ce champ peut être un courant électrique ou un aimant. Un aimant possède un pôle sud et un pôle nord. Une bobine électrique (toi qui pensais en avoir fini avec l'élec…) se comporte comme un aimant lorsqu'il y a un courant.

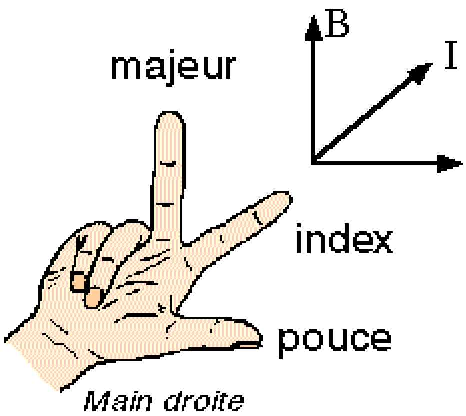
Relation à mémoriser : **loi de Biot et Savart** :

$$\vec{B}(M) = \frac{\mu}{4\pi} * \frac{I\vec{dl} \wedge \overrightarrow{PM}}{PM^3}$$

(oui je sais cette formule n'est toujours pas digeste)

Cette loi donne donc le champ électrique $\vec{B}$ au point M créé par un courant I.
$I\vec{dl}$ correspond à l'élément du circuit orienté dans le sens conventionnel de I.
μ correspond à la perméabilité du matériau (souvent l'air).
Le champ $\vec{B}$ s'exprime en Tesla : T.

WARNING : qui dit produit vectoriel, dit règle de la main droite (encore elle oui) ou du tire-bouchon pour déterminer l'orientation de $\vec{B}$.



Au niveau de la carte du champ $\vec{B}$, on peut remarquer que :

- Les lignes de champ partent du Nord pour aller vers le Sud.
- Elles forment des boucles et se referment sur elles-mêmes.
- Elles ne peuvent pas se couper, sauf aux points où le champ est nul.

3) Principe de superposition

Si deux charges q_1 et q_2 créent respectivement les champs $\overrightarrow{E_1}$ et $\overrightarrow{E_2}$ en M, alors

$$\vec{E}(M) = \overrightarrow{E_1} + \overrightarrow{E_2}$$

Ce principe est aussi valable pour le champ $\vec{B}$.

WARNING : Il faut toujours projeter les vecteurs avant de les sommer. Mais bon je ne t'apprends rien vu que t'es trop chaud ! 😉

2. Propriétés de ces champs

1) Symétrie et antisymétrie

Pour le champ $\vec{E}$:

Symétrie des charges ⟹ symétrie du champ $\vec{E}$
Antisymétrie des charges ⟹ antisymétrie du champ $\vec{E}$

C'est pourquoi, le plan de symétrie de deux charges est aussi le plan de symétrie des champs dûs à ces charges.

Pour le champ $\vec{B}$: c'est tout l'inverse

Symétrie des courants ⟹ antisymétrie du champ $\vec{B}$
Antisymétrie des courants ⟹ symétrie du champ $\vec{B}$

C'est pourquoi, le plan de symétrie de deux courants est le plan d'antisymétrie des champs dus à ces courants.

Pour ces deux champs, on a **toujours** :
les lignes de champ <u>inclues</u> dans le plan de symétrie du champ et <u>perpendiculaires</u> au plan d'antisymétrie du champ.

N.B. : Cette propriété te sera utile pour déterminer la direction du champ et pour éliminer des composantes.

2) Invariance

Si la source ne dépend pas d'une certaine variable alors le champ non plus. Par exemple, en coordonnées cylindriques, tu peux avoir un courant qui ne dépend ni de z ni de θ. Il ne dépend donc que de r. Le champ $\vec{B}$ ne dépendra alors que de r.

On note alors $\vec{B}(r)$ au lieu de $\vec{B}(r, \theta, z)$.

Tu peux alors simplifier tes calculs, notamment dans les intégrales que nous allons voir juste après.

3) Circulation

Encore une fois, $\vec{E}$ et $\vec{B}$ ont des propriétés opposées, plutôt pratique pour s'en rappeler !

Pour le champ $\vec{E}$:

Il est à circulation conservative, c'est-à-dire que la circulation est indépendante du chemin suivi. La circulation de $\vec{E}$ le long d'une courbe orientée, soit un certain chemin suivi est : $C(\vec{E}) = \int_{courbe} \vec{E}.\overrightarrow{dl}$. Et comme ce champ est radial (soit colinéaire à $\overrightarrow{e_r}$), on peut écrire :

$$C(\vec{E}) = \int \vec{E}.\overrightarrow{dr}$$

Lorsque le chemin suivi forme une boucle fermée, la circulation est égale à 0 vu que celle-ci est conservative.

Le champ $\vec{B}$:

Quant à lui, il est à circulation non conservative. La circulation de $\vec{B}$ le long d'une courbe orientée est :

$$C(\vec{B}) = \oint \vec{B}.\overrightarrow{dl} = \mu \sum I_{qui\ coupe\ le\ champ}$$

Ce rond autour de l'intégrale signifie que la courbe est fermée. (Et oui, on en apprend tous les jours dans cette école !)

4) Flux

Le flux c'est très simple, c'est l'inverse de la circulation. Allez courage cher dresseur, on a presque fini !

Pour le champ $\vec{E}$:

Ce n'est pas un champ à flux conservatif.
Le flux de $\vec{E}$ à travers une surface orientée s'écrit :

$$\phi = \iint_{surface} \vec{E}.\overrightarrow{dS}$$

Au passage, ce qu'on appelle surface orientée $\overrightarrow{dS} = dS.\vec{n}$ avec $\vec{n}$ la normale à la surface.

Le flux est nul si cette surface ne contient aucune charge ou si les charges intérieures se compensent exactement. Si la surface est coplanaire aux lignes de champs, le flux est aussi nul.
Pour une surface fermée : $\iint_{surface} \vec{E}.\overrightarrow{dS} = \sum \frac{q_{intérieures}}{\varepsilon}$

<u>Pour le champ $\vec{B}$:</u>

C'est un champ à flux conservatif.
Le flux de $\vec{B}$ à travers une surface orientée s'écrit :

$$\phi = \iint_{surface} \vec{B}.\overrightarrow{dS}$$

Pour une surface fermée : $\iint_{surface} \vec{B}.\overrightarrow{dS} = 0$ car il est conservatif.

5) Potentiel électrostatique

Cette fois, on va parler *uniquement* du champ électrostatique.
Comme pour le potentiel lié à la force de gravitation, il existe un potentiel lié au champ et à la force électrostatique (force que tu verras au chapitre suivant) :

$$dV = -\vec{E}.\overrightarrow{dl}$$

Le potentiel diminue quand on descend une ligne de champ (lorsqu'on va dans le même sens que la ligne de champ). Le potentiel augmente quand on remonte une ligne de champ (lorsqu'on va dans le sens contraire de la ligne de champ).

Il existe des **surfaces équipotentielles** perpendiculaires aux lignes de champ. Le potentiel est souvent constant sur toute une surface équipotentielle.

On arrive enfin à la fin de ce chapitre ! Tu vois ce n'étais pas si compliqué finalement ;))
Alors, en effet, il y a beaucoup de propriétés à retenir mais elles sont surtout là pour te faciliter la vie dans les exos (oui oui j'ai bien dit faciliter). Et dernier petit tips pour la route : connaîs tout pour un champ et après tu retrouveras l'autre très facilement.
Maintenant, quelques exos histoire de voir si tu as tout capté !

EXERCICES

Exercice 1 :

Sacha a placé trois Pokéball assimilées à des charges ponctuelles q, identiques et positives, aux sommets d'un triangle équilatéral (pourquoi ? on en sait rien mais ne pose pas trop de questions c'était surtout pour trouver un exercice 😉). Détermine la valeur du champ électrique en G, centre du triangle.

Aide : fais un schéma

Exercice 2 :

En fouillant dans son sac pour attraper une Pokéball, Sacha tombe sur un solénoïde (et oui quand on ne range pas ses affaires on peut vite retrouver des dingueries) de 50 cm de long comportant 250 spires. Il est traversé par un courant d'intensité électrique I = 2.5 A. Détermine l'intensité du champ magnétique généré au centre de ce solénoïde.

Aide : Refais un schéma (vraiment les schémas seront tes meilleurs amis en électromag)

CORRECTION

Exercice 1 :

D'après le principe de superposition, on a :

$$\vec{E}(G) = \sum_{i=1}^{3} \overrightarrow{E_\iota} = \overrightarrow{E_A} + \overrightarrow{E_B} + \overrightarrow{E_C} = \frac{q}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{\overrightarrow{AG}}{\left\|\overrightarrow{AG}\right\|^3} + \frac{\overrightarrow{BG}}{\left\|\overrightarrow{BG}\right\|^3} + \frac{\overrightarrow{CG}}{\left\|\overrightarrow{CG}\right\|^3}\right)$$

Or, $\left\|\overrightarrow{AG}\right\| = \left\|\overrightarrow{BG}\right\| = \left\|\overrightarrow{CG}\right\|$

$$\vec{E}(G) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\left\|\overrightarrow{BG}\right\|^3}(\overrightarrow{AG} + \overrightarrow{BG} + \overrightarrow{CG})$$

Soit O un point quelconque de l'espace.

$$\overrightarrow{AG} + \overrightarrow{BG} + \overrightarrow{CG} = \overrightarrow{AO} + \overrightarrow{BO} + \overrightarrow{CO} + \overrightarrow{3OG} = \vec{0}$$

car $\overrightarrow{OG} = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}\overrightarrow{OA_\iota}$ $\qquad$ $\vec{E}(G) = \vec{0}$

Exercice 2 :

On a $B = \frac{\mu_0 N(spires) I}{l} = \frac{1{,}256 \times 10^{-6} \times 250 \times 2{,}5}{0{,}5} =$
$1{,}6 \times 10^{-3}$T (on oublie pas l'unité !).

Chapitre 8 : Forces électromagnétiques

Félicitations cher dresseur, tu arrives à la fin de la première ligue ! Tiens bon et bats-toi sans répit ;)

Je suppose que tu as l'habitude maintenant, c'est l'heure de la petite dédicace. Celle-ci sera pour le groupe 2, le meilleur groupe (le plus fou aussi peut être mais bon on ne dira rien). Gros bisous au groupe des piou piou que j'aime d'amour et que tout le monde veut intégrer mais sorry les gars c'est accès réservé aux meilleures girls de l'Insa ;) Un grand merci à ma famille sans qui cette année aurait été bien moins fun et agréable. Je vous aime fort la mif ! #insane for life

Gros bisous à toi petit biz, profite bien de cette fin de première année,

Lise la daronne <3

COURS

1. Force de Lorentz

Définition : quand une charge ponctuelle q ayant une vitesse v est soumise à un champ électrique $\vec{E}$ et un champ magnétique $\vec{B}$, alors elle est soumise à une force électromagnétique dite de Lorentz :

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B}) = \overrightarrow{F_{elec}} + \overrightarrow{F_{mag}}$$

1) Force de Lorentz électrique

$\overrightarrow{F_{électrique}} = q\vec{E}$ parallèle au champ $\vec{E}$

La force de Lorentz électrique est **conservative**.

Son énergie potentielle électrostatique en chaque point M vaut :

$$\varepsilon_p^{elec}(M) = qV(M) + cste$$

Son travail est **indépendant du chemin suivi** :

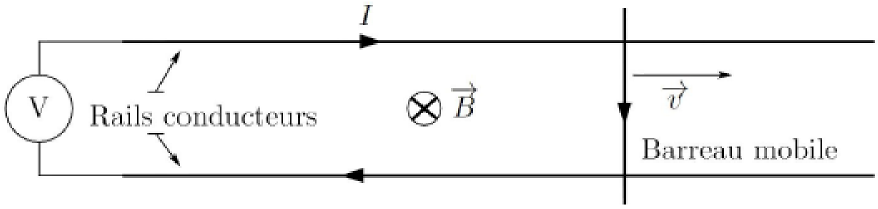
$$W_{A\to B} = q\big(V(A) - V(B)\big) = \varepsilon_p^{elec}(A) - \varepsilon_p^{elec}(B)$$

2) Force de Lorentz magnétique

$\overrightarrow{F_{mag}} = q(\vec{v} \wedge \vec{B})$ perpendiculaire à $\vec{v}$ et $\vec{B}$

Un champ magnétique ne peut pas accélérer une particule chargée, **mais il peut la dévier**.

2. Force de Laplace



Expérience des rails de Laplace

On considère maintenant la force électro-magnétique **appliquée sur un circuit** (un courant) et non pas seulement sur une particule.

Une portion élémentaire de circuit filiforme parcouru par courant I, de section S et de longueur dl (orienté dans le sens de l) traversée par un champ magnétique (et électrique) subit une force élémentaire dite de Laplace :

$$\mathrm{d}\vec{F} = I \cdot \mathrm{d}\vec{l} \wedge \vec{B}$$

3. Circuit filiforme fermé dans un champ magnétique

Dans un circuit fermé, avec I constant, subissant un champ magnétique $\overline{B}$ (pas forcément uniforme ou constant). On définit l'énergie potentielle d'interaction entre le champ $\overline{B}$ et le circuit :

$$\varepsilon_p^{Laplace} = \varepsilon_{mag} = -I\Phi$$

Une conséquence :

Equilibre stable => $\boldsymbol{\varepsilon_p^{Laplace}}$ minimale => $\boldsymbol{\Phi}$ maximal

4. Interaction dipolaire

Energie d'interaction électrostatique du dipôle :

$$\varepsilon_{elec} = -\vec{p} \cdot \vec{E}(A)$$

Force totale sur le dipôle :

$$\overrightarrow{F_{elec}} = -\overrightarrow{grad}(\varepsilon_{elec}) = \overrightarrow{grad}\left(\vec{p} \cdot \vec{E}\right)$$

Dipôle magnétique élémentaire :

$$\varepsilon_{mag} = \varepsilon_p^{Laplace} = -I\Phi = -IS\,\vec{n} \cdot \vec{B} = -\vec{m} \cdot \vec{B}$$

De cette énergie, on déduit ensuite que la résultante des actions de Laplace sur cette spire conduit alors à une force totale d'expression :

$$\boldsymbol{\overrightarrow{F_{mag}} = \overrightarrow{grad}\left(\vec{m} \cdot \vec{B}\right)}$$

Et à un couple de pivotement :

$$\overrightarrow{\Gamma_{mag}} = \overline{m} \wedge \overline{B}$$

EXERCICES

Exercice 1

Dans un accélérateur de particules, des ions, de masse, $m = 6{,}64.10^{-27}\,kg$ sont accélérés jusqu'à une vitesse de $1{,}25.10^{7}\,m/s$. Ils pénètrent alors dans un champ magnétique d'intensité $B = 1{,}3\,T$,de direction perpendiculaire à leur vitesse. Quelle est l'intensité de la force magnétique s'exerçant sur les ions en Newton ?

Exercice 2

Estimer le courant qu'il faudra faire passer dans un conducteur pour effectuer l'expérience des rails de Laplace avec une barre de longueur $L = 10cm$ et avec le champ magnétique terrestre ($B_{terr} = 50\,\mu T$).

CORRECTION

Exercice 1

On calcule le produit scalaire $\overrightarrow{F_{mag}} = q\vec{v} \wedge \vec{B}(M)$ avec les valeurs de l'énoncé. Ici, $\vec{v}$ a une composante sur un seul axe, et $\vec{B}$ aussi mais sur un autre axe (champ magnétique de direction perpendiculaire). Attention, ici l'ion étudié est H^{2+}, donc la charge q est égale à 2 fois la charge élémentaire $1{,}602.10^{-19}$ J.

Après le calcul du produit vectoriel et l'application numérique, on obtient $\overrightarrow{F_{mag}} = 5{,}2.10^{-12}\,N = 5{,}2\,pN$

Exercice 2

La force subie par une barre de longueur L traversée par un courant I dans un champ magnétique $\vec{B}$ est $\overrightarrow{\|F_L\|} = IL\,\|\vec{B}\|$ (on ne se préoccupe que de l'intensité de la force, pas de son sens ou de sa direction). Aussi, avec les valeurs numériques de l'énoncé, on peut estimer l'ordre de grandeur de $\overrightarrow{F_L} = 10^{-2}N$ (équivalent au poids d'une masse de 1g).

Ainsi, $I = \frac{F}{BL} = 2000\,A$ après l'application numérique. C'est une intensité énorme, donc il serait très difficile de mettre en mouvement une barre avec le champ magnétique terrestre.

Chapitre 9 : Induction

Marhaba small Bizuth !!

T'arrives à la fin de ton année, alors commence à planifier tes vacances d'été mais lâche rien c'est presque fini. Ce chapitre est simple, court et pas difficile obviously parce que c'est le bg des SCANs qui le rédige (j'ai l'impression que le resp a gardé le meilleur pour la fin).

Bon, place aux dédis :

Grosse dédis aux Merens, la meilleure miff de la planète jvous kiffe. Mention spéciale à Quentin et Amandine les meilleurs parrain/marainne et la best lignée du tRATquenard, Massin et les cobiz de feu Simon Laura Ghita et Jeanne.

Gros cœur aux SCANs, à cezou, à ma cobiz Argjenda et au groupe 62 vous êtes tous des bgs.

Mention spéciale au meilleur « cothurne » (pas du tout) le fire king lui-même Rokus et NOTRE thurne la A-305 (larri et mo je suis désolé). Bon, team 305 et scanonymous vous êtes des amours je vous love de tout mon cœur.

Au meilleur groupe de potes de qualité, énorme dédis à « bebis » en particulier Michel le brother / futur cothurne #lahmonella , et Yasmine (tu as encanto mes révisions)

Ecole d'été peeps, you are the best, mention spéciale à Hougous et Criss merci pour l'inté de malade

Finalement, Je termine avec le best combooo, la meilleure liste de tous les temps INSALOON, merci pour les souvenirs inoubliables, la campagne, les SOS, la semaine de ski, les loups garous, les réus en 411, les tournages, les séances au studio, les after-guitare… bref. Vous êtes les meilleurs.

Ralphoon ton guitariste preféré

1. Origine optique

On commence par une idée générale ça sert toujours ;)

On parle d'induction lorsque l'on constate un transfert d'énergie entre une source électrique et un objet en l'absence de tout contact physique. Ce phénomène a pour origine la force de Lorentz, notée $\vec{F}$ appliquée aux électrons libres dans le conducteur électrique, et dont l'équation est :

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\overrightarrow{V} \wedge \overrightarrow{B}$$

Avec :

- q la charge de la particule (exprimée en coulombs C),
- $\vec{E}$ le champ électrique (volts par mètre),
- $\overrightarrow{V}$ la vitesse de la particule (mètres par seconde),
- $\overrightarrow{B}$ l'induction magnétique (teslas T).

1) Lois d'induction

L'induction électromagnétique est un phénomène qui conduit à l'apparition d'un courant électrique dans un circuit soumis à un champ magnétique variable, et éventuellement à la mise en mouvement du circuit. Il y a deux façons pour obtenir cela :

Induction de Neumann : en déplaçant un champ magnétique stationnaire au voisinage d'un circuit électrique fixe, il s'agit de l'induction statique.

Induction de Lorentz : en déplaçant (ou déformant) un circuit électrique au voisinage d'un champ magnétique stationnaire fixe, il s'agit de l'induction motionnelle.

2. Induction Statique (de Neumann)

On va tout d'abord commencer par la loi de Lenz-Faraday. Dans un circuit fermé et FIXE plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$ variable (aimant se déplaçant dans une bobine), il se crée un courant induit par l'aimant alors appelé l'inducteur. Il se modélise par une force électromotrice :

$$e_{ind} = -d\varphi dt$$

avec $\varphi = \iint \overrightarrow{B}(\mathrm{M}).\vec{n}\mathrm{dS}$ le flux de $\vec{B}$ à travers le circuit et orienté dans le sens donné par la règle de la main droite.

La loi qualitative de Lenz est à retenir, c'est un principe fondamental : « Par ses effets l'induction s'oppose toujours aux causes qui lui ont donné naissance ». Ça veut dire que si tu approches un pôle nord près d'une bobine, elle va chercher à le repousser et va donc créer un pôle nord. Inversement, si tu éloignes un pôle nord de la bobine, celle-ci va vouloir l'attirer et le courant induit va créer un pôle sud.

3. Induction motionnelle (de Lorentz) et cas général

On recommence par la loi de Lenz-Faraday de l'induction mais cette fois-ci dans le cas général.

Le phénomène d'induction apparaît dans un circuit fermé plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$ dès que la f.e.m. $e_{ind} = -d\varphi dt$ est non nulle avec $\varphi = \iint \overrightarrow{B}(\mathrm{M}).\vec{n}\mathrm{ds}$.

(le flux de $\vec{B}$ à travers le circuit est orienté dans le sens donné par la règle de la main droite)

Si en plus le champ $\overrightarrow{B}$ est statique, c'est-à-dire constant dans le temps, on dit que l'induction est motionnelle ou de Lorenz.

Vous vous en doutez bien, on va aussi avoir la loi qualitative mais cette fois-ci généralisée : l'induction s'oppose toujours aux causes qui lui ont donné naissance. C'est simple : si tu approches un pôle négatif d'une bobine, la bobine va créer l'induction et vu qu'elle s'oppose toujours à ce qui la crée, cela va être un pôle négatif (pour faire reculer le pôle négatif qu'on approche)

En ce qui concerne la loi d'Ohm, toutes les conventions vues au premier semestre s'appliquent ici : les flèches indiquant la tension restent orientées dans le sens du courant pour un générateur, et dans le sens inverse pour un récepteur.

4. Bilan énergétique

Lessgoo je suis sûr que l'énergie vous manque !

L'une des relations fondamentales énergétiques de l'électromécanique est la suivante

$$\delta WLap + e_{ind}.\mathrm{i}dt = 0$$

Cette relation se traduit par : le travail des forces de Laplace et l'énergie électrique reçue par le courant par induction motionnelle sont toujours opposés.

Le premier principe permet d'écrire un bilan d'énergie entre tous les systèmes.

$$dU+dEc = \delta W^{\text{géné}}{}_{autre} + \delta Wchamp + \delta Wop + \delta Q_j$$

avec dans l'ordre : énergie des générateurs, énergie des champs électromagnétiques, le travail des opérateurs mécaniques et la chaleur produite par effet Joule.

1) Bilan de puissance :

Soit la forme u.idt de l'énergie cinétique élémentaire échangée par un dipôle de tension u dans un circuit parcouru par un courant i.

Le bilan de puissance électrique s'obtient ainsi :

$$e_{autre}.idt + e_{ind}.idt - R.i^2dt = 0$$

2) Bilan mécanique :

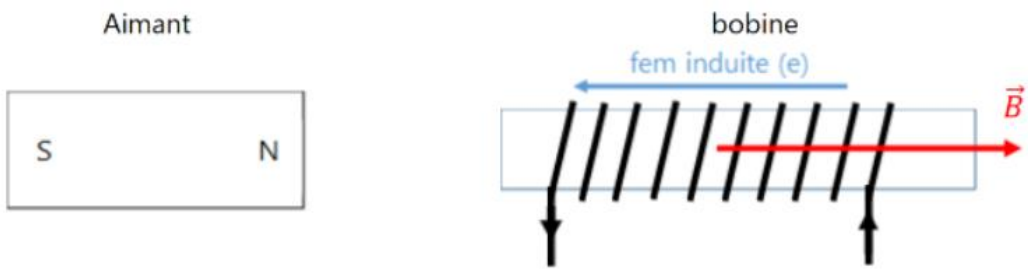
$$dE_c = 0 + \delta Wi_{ap} + \delta W_{op}$$

EXERCICES

Exercice 1:

1) On approche l'aimant. Quel est le signe de la f.e.m. induite dans la bobine ?

2) On éloigne l'aimant. Quel est le signe de la f.e.m. induite dans la bobine ?



Exercice 2 :

Calculer la f.e.m. induite qui peut apparaître dans les ailes d'un avion de chasse.

On donne :

- Envergure des ailes : 10 m

- Vitesse : 1400 km/h

- Champ magnétique terrestre : 20 µT

CORRECTION

Exercice 1:

1) On approche l'aimant. $\varphi = N\vec{B}.\vec{S} = NBS$.

B augmente ainsi que φ.

Donc e < 0 V

2) On éloigne l'aimant.

B diminue ainsi que φ.

Donc e > 0 V

Exercice 2 :

V = 1400 km/h = $\frac{1400}{3.6}$ m/s = 389 m/s

e = $20 \times 10 - 6 \times 10 \times 389$ = 78 mV