

Mécanique classique

Gravitation.

Niveau : L1 (fin de l'année, pour utiliser le théorème de Gauss)

Prérequis :

- Mécanique du point
- Électrostatique (force de Coulomb, théorème de Gauss)
- Référentiels non galiléens ?

Notions :

- Champ de force central conservatif
- Analogies et différences entre gravitation et électrostatique
- Lois de Kepler (cœur de la leçon)
- Marrées ?

Intro :

On a vu que la force de gravitation et la loi de Coulomb avaient la même forme. Ici on va développer cette analogie, et se servir de l'électrostatique pour mieux comprendre la gravitation, puis généraliser (?? ne colle pas avec le plan)

I – Interaction gravitationnelle

1. Force de gravitation (à comparer avec les autres forces à notre échelle)
2. Analogie électrostatique (et différences), champ gravitationnel
3. Champ gravitationnel produit par une sphère, mesure de g (explications de la manip historique avec les clochettes)

II – Mouvement dans un champ de force central (plus général, dans ce cas les de Kepler en III), ou mouvement dans un champ Newtonien (dans ce cas applications en III)

1. On peut assimiler les sphères à des points d'un point de vue de la gravitation
2. Conservation du moment cinétique, loi des aires, Kepler (début XVIIème)
3. Conservation de l'énergie, énergie potentielle effective (à voir ...)
4. États liés et états de diffusion (à voir ...)

III – Mouvement dans un champ de force Newtonien (Kepler), ou force de marrées, ou applications (système solaire, marées, vitesse de libération, ...)

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Conclu :

États liés et états de diffusion ?

Calculs :

- Tableau analogies et différences (pas de masse négative, champ B inexistant pour la gravitation, échelle différente) gravitation vs électrostatique
- Champ gravitationnel pour une boule uniforme
- Lois de Kepler

Biblio :

- Meyer p31
- MPSI Dunod (champ de force central conservatif)
- H prépa
- Pérez mécanique ch6 (Gravitation), ch12 (système à N corps et 2 corps), ch14 (mouvement dans un champ de force central)
- Choper le Brasselet et Gié mécanique 1
- BFR méca 1 ch9 (interaction 2 particules), ch10 (champ en $1/r^2$), annexes 1 et 2
- Gié EM 1 (Edition 1995) ch11 (analogie électrostatique vs gravitation)
- Marrées Brasselet ou Pérez, ou ENS Lyon
- exo pcsi dunod p366 (kepler, satellites), p370 (kepler, paramétrage polaire),
- exo pc dunod p136 (champ de gravitation créé par la Terre)

Manip intro :

? Y'a moyen de faire un truc

Manip quantitative :

Mesure de g via banc pasco

Courbe :

Accélération en fonction du sin de l'angle d'inclinaison (g est la pente).

Biblio :

- Recueil TP UPS p45
- Notice 156
- Notice 156a (adaptation exo 8)
- Données voitures : https://www.conatex.com/media/manuals/BAEN/BLEN_1162051.pdf

Mécanique classique

Lois de conservation en dynamique.

Niveau : L1 (fin du programme de méca du point, bilan, liens) ou MP (début d'année, rappels de MPSI)

Prérequis :

- Mécanique du point
- Électrostatique (force de Coulomb)
- Méca de MPSI (si en MP)

Notions :

- Conservation de l'impulsion, du moment cinétique, de l'énergie mécanique (révision)
- Notions de cinématique d'une collision
- Champ de force centrale et loi des aires
- Système conservatif, dissipatif

Intro :

Parler des lois de conservations qui ne marchent pas (masse, éléments chimiques, ...) ?

Partir de la manip avec banc pasco et voitures de différentes masses ? Ou alors du pendule de Newton avec les billes là ?

Parler d'énergie potentielle à un moment

Illustrations via la dynamique de 2 particules ponctuelles en interactions (via chocs ou rotation avec champ de force central)

Les lois de conservation sont une aide pour résoudre des problèmes (relier l'état final à l'état initial sans s'intéresser à l'évolution)

Axe de la leçon (??) : il y a des lois de conservation approchées (masse, éléments chimiques) ou exactes (d'après nos connaissances actuelles → impulsion, moment cinétique, énergie). Ici on s'intéresse seulement à la dynamique et on va s'intéresser au système le + simple : 2 particules en interactions. On va revoir beaucoup de choses à la lumière de ces lois.

Il faut donner des définitions et revoir les systèmes conservatifs vs dissipatifs quelque part

Liens avec les symétries ?

I – Conservation de la quantité de mouvement (ou Lois de conservation)

1. Mise en évidence expérimentale (avec 1 puis 2 voitures du banc PASCO). La conservation est approchée car on a des frottements (dissipation quand la voiture roule) et une collision légèrement inélastique (dissipation lors de la collision)
2. Origine en dynamique (via le PFD)
3. Application : Collisions de particules
4. Conséquences (?), Référentiel barycentrique (on traite un ensemble comme 1 seul point)

II – Champ de force centrale (ou Conservation du moment cinétique → loi des aires)

1. Origine en dynamique (via TMC)
2. Mouvement dans un champ de force central
3. Conséquences (Loi des aires)

III – Conservation de l'énergie mécanique → forces conservatives ou non, caractérisation des trajectoires de la loi des aires (ou Collisions)

1. Notion d'énergie (il existe une quantité conservée qu'on appelle l'énergie). Énergie mécanique, énergie cinétique, énergie potentielle.
2. Origine en dynamique (via le travail des forces conservatives)
3. Système conservatif ou dissipatif ?? (le système échange de l'énergie avec l'extérieur). Application à l'expérience de collisions et à la loi des aires (trajectoires libres ou liées). Dissipatif = non conservatif qui fait diminuer l'énergie mécanique. Théorème de l'énergie mécanique et travail des forces non conservatives. Les forces dérivant d'une énergie potentielle sont tjrs conservatives
- 3.
- 4.

Conclu :

Les lois de conservation sont très importantes en physique contemporaine, et sont liés aux symétries du système (théorème de Noether). Ici on a vu que ...

Calculs :

- Origine de la conservation de l'impulsion via PFD
- Cinématique d'une collision de particules
- Origine de la conservation du moment cinétique via TMC
- Loi des aires
- Théorème de l'énergie mécanique (rappel)

Biblio :

- Meyer p67
- Semay et Brac relativité restreinte ch10 (collisions, optionnel)
- Pérez ch12 et ch14 (loi des aires), ch13 (collisions)
- BFR méca 1 ch9 (tout) et ch16 (compléments collisions)
- Basdevant principe variationnels pour questions sur Théorème de Noether
- Gié mécanique 1 et Brasselet (++) à choper
- Feynman méca 1 (notion d'énergie)
- Brahim Lamine chocs (à regarder)
- Hecht Physique
- exo pcsi dunod p358 (tabouret d'inertie)

Manip intro :

Impulsion banc pasco ?

Manip quantitative :

Banc pasco pour impulsion et énergie

Faire un cas sans chocs. L'énergie se conserve à DE/E près. On a de la dissipation. On peut avoir à la fois de la dissipation (mouvement de dérive) + des chocs inélastiques (variation d'énergie au moment du choc)

Faire bouger les 2 voitures d'un coup

Utiliser le capteur de force pour mesurer l'énergie potentielle d'interaction ? Avec un ressort et un plan incliné ?

Courbe :

- Ptot en fonction du temps pour collisions. Mesure de la dissipation avant collision (frottements) et lors de la collision (collision inélastique)
- Emecanique en fonction du temps pour collisions ou pour voiture avec ressort sur plan incliné

Biblio :

- Recueil TP UPS p48 et p46
- Notice 156
- Notice 156a (exp 2 et 4)
- Données voitures : https://www.conatex.com/media/manuals/BAEN/BLEN_1162051.pdf

Mécanique des fluides

Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux.

Niveau : PC

Prérequis :

-Fluide parfait

Notions :

- Limites des écoulements parfaits
- Viscosité et diffusion de quantité de mouvement
- Équation de Navier-Stokes
- Nombre adimensionnel de Reynolds
- Écoulement de Poiseuille, Couette ?

Intro :

Partir d'une manip si on peut (par exemple bille dans glycérol tombe plus lentement que dans l'air, car on a des frottements entre solide et liquide → à savoir bien expliquer !)

Objectif : décrire l'écoulement d'un fluide général (Navier-Stokes), en général compliqué à cause des termes non linéaires. Il y a seulement quelques régimes d'écoulement où on peut résoudre le problème analytiquement. Ou vase de Mariotte avec différents diamètres → pas en accord avec formule de Torricelli.

Fluides parfaits limités, surtout au niveau fluide-obstacle. Paradoxe de d'Alembert sur l'absence de trainée.

Ici : fluides newtoniens

I – Notion de viscosité

1. Mise en évidence expérimentale (descente de burette de fluides de viscosité différentes)
2. Paradoxe de d'Alembert (optionel)
3. Interprétation microscopique (liquide et gaz, évolution avec T)
- 4.

II – Dynamique des fluides Newtoniens

1. Transfert de la quantité de mouvement dans un gaz entre z et $z+dz$ (cf Rieutord)
2. Équation de Navier Stokes
3. Notion de similitude (2 écoulements ont des comportements similaires si leurs nombres comme le Reynolds sont idem)
- 4.

III – Régimes d'écoulement (comparaison diffusion et convection, nombre de Reynolds) ou exemples d'écoulements visqueux (Couette et Poiseuille, dans ce cas parler du Reynolds partie d'avant). Éventuellement virer cette partie pour passer du temps sur la manip ? Ou la laisser en option avec projection flexcam ?

1. Écoulement de Poiseuille
2. Manip
- 3.
- 4.

Conclu :

Dans la prochaine leçon → couche limite permet de raccorder les notions de fluide visqueux et fluide parfait

C'est chaud d'arriver à Poiseuille

Calculs :

- Interprétation Navier-Stokes
- Écoulement de Poiseuille

Biblio :

Meyer p99

I-Guyon p61, Guyon viscosité

II-Rieutord chap 4, Guyon p62 (via Couette plan)

III-Guyon p79, Rieutord p129

-H prépa

-PSI Dunod (action de contact sur 1 fluide en écoulement), ch16 (Poiseuille), ch17 (sphère dans un écoulement)

-BFR méca 2 ch12 (dynamique)

-exo pc dunod p83 (poiseuille)

Manip intro :

Cristalliseur rempli d'eau + poivre sur un tourne disque. La rotation du tourne disque permet de montrer que les grains de poivre au bord tournent au début, puis entraînent petit à petit les particules les plus au centre (décrit dans Guyon). Met en évidence la diffusion de quantité de mouvement (viscosité), alors que pour un fluide parfait on a seulement les forces de pression radiales

Sinon faire vidanger 2 burettes avec de l'eau et du glycérol en expliquant que la formule de Toricelli ne prévoit pas de différences.

Manip quantitative :

Loi de poiseuille dans vase de Mariotte (ou viscosimètre à bille éventuellement, mais nécessite d'introduire plus de trucs). Mesure de la viscosité dynamique.

Courbe :

-Débit en fonction de la hauteur de la colonne d'eau. La viscosité est dans la pente.

Biblio :

-Recueil TP UPS p10

-Guyon p62 pour intro

-Fruchart p441 pour vase de Mariotte (lire aussi p422)

Mécanique des fluides

Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide.

Niveau : PC

Prérequis :

- Cinématique des fluides (?)
- Thermodynamique (?)

Notions :

- Notion d'écoulement parfait et ses limites
- Équation d'Euler, Relation de Bernouilli
- Exemples d'applications (Pitot, Toricelli)

Intro :

La formulation générale des écoulements est complexe (Navier-Stokes), mais on peut sous certaines conditions se placer dans un régime plus simple appelé écoulement parfait. Permet de décrire certains régimes et certaines applications (Pitot, Toricelli?).

I – Écoulement parfait

1. Définition (écoulement parfait différent de fluide parfait type helium superfluide – regarder un peu comment ça marche)
- 2.
- 3.
- 4.

II – Dynamique d'un écoulement parfait (ou juste Bernouilli?)

1. Equation d'Euler (à poser et expliquer)
2. Relation de Bernouilli (via Euler, interprétation)
- 3.
- 4.

III – Applications (Venturi, Pitot, Toricelli...) et limites

1. Pitot
2. Toricelli
- 3.
- 4.

Conclu :

Limites du fluide parfait (Toricelli avec différents fluides visqueux)

Calculs :

- Relation de Bernouilli
- Tube de Pitot

Biblio :

Meyer p109

-Hydrodynamique physique, Guyon p ? (viscosité)

-H prépa mécanique des fluides (Bernouilli)

-PC Dunod (ou PSI, écoulements parfaits)

-BFR méca 2 ch 11 (fluide parfait), ch12 (dynamique), ch13 (Bernouilli), ch14 (applications Bernouilli)

-Gié méca 2 ch7

-exo pc dunod p87 (bernouilli, pitot)

Manip intro :

Venturi ? Pitot ?

Manip quantitative :

Tube de Pitot. Mesure de la densité de l'air. Mesurer v via anémomètre à fil chaud

Tester Venturi, si ça marche bien montrer Venturi ; si ça marche bof le monter seulement qualitativement.

Courbe :

-Pression en fonction de la vitesse au carré, la pente est $1/\rho g$.

Biblio :

-Recueil TP UPS p12 (ou p13 pour Venturi)

-Fruchart p456 (p413 pour Venturi)

Mécanique des fluides

Phénomènes interfaciaux impliquant des fluides.

Niveau : L2 ou L3 (en fonction du niveau mathématique)

Prérequis :

- Thermodynamique (?)
- Notions de mécanique des fluides (?)

Notions :

- Tension superficielle et explication microscopique
- Mouillage
- Capillarité

Intro :

Présenter la manip loi de Jurin. L'objectif du cours est de réussir à comprendre et décrire le phénomène (le liquide monte plus dans les plus petits tuyaux) → faire la manip et les mesures en intro et exploiter à la fin (plus safe). Mesure, incertitudes, tracer en fonction de $1/r$ et obtenir une droite puis se demander si on peut retrouver ce comportement ? C'est l'objectif de cette leçon. Phénomène très important en biologie

I – Tension de surface

1. Origine microscopique
2. Manifestation macroscopique (force, énergie)
- 3.
- 4.

II – Interface à deux fluides (bulles de savon) ou à 2 phases

1. Bulles et gouttes
2. Loi de Laplace (démonstration)
3. Exemple : vidage d'une bulle dans une autre
- 4.

III – Contact à l'interface de 3 phases (solide, liquide, gaz), le mouillage (loi de Jurin)

1. Paramètre d'étalement (mouillage total vs partiel). Mouillage = compromis énergétique pour une molécule entre l'interface liq solide vs molécule dans le solide (?)
2. Angle d'Young pour un mouillage partiel
3. Loi de Jurin
- 4.

Conclu :

Calculs :

- Loi de Laplace
- Loi de Jurin

Biblio :

- Meyer p117
- Gouttes, bulles, perles et ondes. P.-G. de Gennes chap 1 et 2 (tout)
- Hydrodynamique physique, Guyon p29 (tout)
- Hprépa Brébec Mécanique des fluides + Thermo 2ème année (?)

Manip intro :

- bateau en papier puis mettre une goutte de savon
- Faire une bulle sur un cadran avec une barre au milieu, percer un des cotés et la barre va bouger de l'autre côté

Mesure de tension superficielle par arrachement → prendre de l'eau distillée et bien tout nettoyer à l'éthanol

Loi de Jurin

?? Dépend de comment présenter la leçon

Manip quantitative :

Loi de Jurin. Mesure de la tension superficielle.

Courbe :

- Mesure de la hauteur d'eau en fonction de l'inverse du rayon du tube, la tension superficielle est dans la pente.

Biblio :

- Recueil TP UPS p34 et p33
- Fruchart p466 (tension superficielle)
- Fruchart p472 (Jurin)
- Notice 162

Thermodynamique et physique statistique

Premier principe de la thermodynamique.

Niveau : PCSI

Prérequis :

- Mécanique du point
- Variable d'état et fonction d'état

Notions :

- Variable d'état et fonction d'état (rappel)
- Notions de travail et chaleur
- Expression du premier principe
- Transformation réversible ou irréversible (pas quasi-statique)
- Calorimètre

Intro :

On a vu la méca du point. Thermo = système avec un grand nombre de ddl. Comment décrire ce système ? Que se passe t'il lorsque ... ? Détente d'un piston ? Manip d'intro. Notion d'échanges lors d'une transformation ?

I – Énergie, travail et chaleur

1. Différentes formes d'énergie mécanique (énergie cinétique et potentielle, macroscopique et microscopique)
2. Travail
3. Chaleur (interprétation micro)
4. Fonctions d'état, différentielle et delta (peut être le mettre en 1.?)

II – Premier principe

1. Expression
2. Grands types de transformations et conséquences ? (isochore, isobare, ...)
3. Coefficients de réponse (capacité calorifique de l'eau et d'un gaz parfait)
- 4.

III – Applications (gaz parfait, machines thermiques, calorimétrie -manip)

1. Calorimétrie
2. Détente d'un gaz (réversible et irréversible)
- 3.
- 4.

Conclu :

Calculs :

- Différentes formes d'énergies (macro et micro, cinétique et potentielle). On s'intéresse aux variations d'énergies.
- Calculs applicatifs (Capacité thermique et calorimétrie, détente d'un gaz réversible ou irréversible)

Biblio :

- Meyer p137
- Hprépa PCSI thermo ch5
- Diu p66 (moyen apparemment)
- BFR thermo
- Gié Thermo ch3 (++ , premier principe)
- PCSI Dunod
- Latour lecons thermo p38
- Pérez thermo ch6 (1^{er} principe)
- exo pcsi dunod p398 (Joule-Gay-Lussac), p405 (calorimétrie)

Manip intro :

Manip quantitative :

Mesure de la capacité calorifique de l'eau dans un calorimètre. Il faut que la masse d'eau soit largement plus importante que la masse en eau du calorimètre. Si possible mesurer la masse en eau du calorimètre, et en discuter (car ca ne marche pas très bien). Revoir protocole. Essayer de calorifuger au mieux (mettre le bouchon).

Courbe :

Température en fonction du temps (à puissance transmise fixée). La capacité calorifique est dans la pente ?

Biblio :

- Recueil TP UPS p105
- Regarder dans le quaranta, avec 2 puissances de chauffage et 2 masses d'eau on peut éventuellement s'affranchir de la masse en eau du calorimètre ? Pas trouvé dans le Quaranta ...
- Quaranta II p40
- Notice 161

Thermodynamique et physique statistique

Transitions de phase.

Niveau : L2 (pour Clapeyron et chaleur latente)

Prérequis :
-1^{er} principe

Notions :

- Transition du 1^{er} ordre et du 2nd ordre (notions)
- Transition liquide-vapeur

Intro :

Parler de trucs du quotidien type pare brise gelé ou ... ? Transition ferro-para = d'ordre 2 ?

Transitions de phase à $T=cte$ ou à $P=cte$ (on fait varier l'autre). On montre que quand on a la transition de phase on a $T, P=cte$. Isothermes d'Andrews (diagrammes PV). Critère de coexistence des phases → égalité des potentiels chimiques (message clé de la leçon).

Finir par formule de Clapeyron (autre truc important). On peut parler d'état métastable ou l'évaporation à la fin. Chaleur latente

Axer la leçon sur les états de l'eau

Phase = partie d'un système thermo où les paramètres intensifs varient continuellement. Transition de phase définies de différentes manières (via discontinuité d'un paramètre intensif ?, via dérivée n-ième du potentiel chimique vs P ou T (Ehrenfest), via brisure de symétrie d'un paramètre d'ordre (Landau) ; il y a encore débat d'après wiki). Transition 1^{er} ordre : associé à une enthalpie de changement d'état (chaleur latente) alors que 2nd ordre non.

I – Approche descriptive des transitions de phases

1. Mise en évidence expérimentale (donner les masses volumiques des 3 phases), nom des transitions
2. Isothermes d'Andrews, transitions isobares, ... donner des exemples
3. Diagramme (P, T), point critique, point triple (manip point critique SF6?)

II – Approche thermodynamique

1. Condition d'équilibre (égalité des potentiels chimiques)
2. Formule de Clapeyron. Manip
3. Explications du point critique (volumes molaires identiques pour les 2 phases donc $L_v=0$)
4. État métastable

III – Transition du 2ème ordre (ferro-para)

1. Classification d'Ehrenfest
2. Comportement ferro vs para. Analyse microscopique
3. Transition ferro-para, température de Curie
- 4.

Conclu :

Il existe d'autres types de transition de phases (niveau master). Si j'en parle discuter surtout de ferro-para

Plan :- corps pur sous 2 phases, transition liquide-vapeur et transition du 2nd ordre ferro-para

Ou – approche descriptive, approche thermo, transition 2nd ordre

Calculs :

- Clausius-Clapeyron (partir de l'égalité des potentiels chimiques à l'équilibre)
- Diagramme P, T de l'eau et d'autres espèces

Biblio :

- Meyer p179
- Diu p295 (++, fig7,14) ou BFR
- Gié thermo ch5 (corps pur sous 2 phases)
- Hprépa PC thermo ch4 (Clapeyron, exemples, transition du 2eme ordre)
- Latour lecons thermo p153
- Pérez thermo ch12 (transitions de phase corps purs), ch21 (potentiels chimiques), ch22 (mélanges binaires)
- exo pcsi dunod p378 (diagramme p,t de l'eau)

Manip intro :

Manip quantitative :

Mesure de la chaleur latente de vaporisation de l'eau dans un calorimètre.
Envoyer environ 450W pour que ça marche bien (il faut chauffer assez fort). Mettre un ventillo pour éviter que le gaz retourne à l'état liquide.

Courbes :

- Masse en fonction du temps. Pente liée à la chaleur latente de vaporisation de l'eau.

Biblio :

- Recueil TP UPS p106
- bouquin ?
- Notice 161

Thermodynamique et physique statistique

Phénomènes de transport.

Niveau : PC (chaleur et particules)

Prérequis :

-1^{er} principe

Notions :

-Loi de Fourier, loi de Fick

-3 modes de transport de chaleur

-Ordres de grandeurs temps caractéristique de diffusion, diffusivité

-Équations bilans

Intro :

En 1^{ère} année on a vu des systèmes thermodynamiques à l'équilibre thermodynamique global (homogènes ... machine thermiques c'est le cas ?). Néanmoins, on sait bien qu'il y a des variations de température locales. Par exemple à l'échelle d'un pays on a la carte de la température de la météo, ou alors ici sur la barre (cf manip) on a un gradient de température (montrer mesures). Ajd on va essayer de comprendre ce phénomène, et on verra qu'il peut s'appliquer au transport de particules, permettant de comprendre pourquoi il faut touiller son café si on rajoute du sucre.

Phénomènes de transport = Inhomogénéité de grandeur intensive -> transport d'une grandeur extensive -> rétablir l'homogénéité

I – Systèmes hors équilibre (bof ...)

1. Équilibre thermo local (hors équilibre total = pas facile)
2. Description locale des flux (perturbatif par rapport à l'état d'équilibre global → Fourier, Fick, ...)
3. Échelles de temps caractéristiques
- 4.

II – Transferts thermiques

1. Modes de transferts thermiques (conduction, convection, rayonnement)
2. Conduction, Loi de Fourier
3. Équation de la chaleur
4. Manip
5. Interprétation microscopique ?

III – Transport de particules

1. Loi de Fick et équation de diffusion
2. Interprétation microscopique
3. Analogies et différences avec la chaleur ?

Conclu :

Calculs :

-Équation de la chaleur

-Réponse à une oscillation périodique pour la manip ??

Biblio :

- Meyer p217
- Hprépa PC thermo ch1 (diffusion thermique)
- Diu p461 (diffusion)
- Gié thermo chPI (diffusion de particules) et ch7 (diffusion thermique)
- Latour lecons thermo p181
- Pérez thermo ch4 (particules) et ch10 (chaleur)
- Guyon hydro ?
- Kittel ch5 pour questions ()
- exo pc dunod p27 (fil parcouru par un courant)
- PSI Dunod ch34 (onde thermique)
- Ansermet thermodynamique (reco Combe)

Manip intro :

Manip quantitative :

Conduction thermique dans barreau de cuivre (prévoir la manip bien en avance le temps que ça chauffe)

Courbe :

-Coefficients d'ajustement en fonction de la profondeur, la pente est liée à la conductivité thermique du cuivre.

Biblio :

- Recueil TP UPS p25
- Fruchart p384
- Notice ENS

http://old.physique-ens-cachan.educ.space/laboratoire/materiel/fichiers/Notice__barre_THC100_NOVA_F

Électromagnétisme

Conversion de puissance électromécanique.

Niveau : PSI

Prérequis :

- Milieux ferromagnétiques
- Induction
- Électrocinétique

Notions :

- Force électromagnétique créée par une bobine
- Principe de fonctionnement d'une machine à courant continu
- Principe de fonctionnement d'une machine synchrone (champ glissant, condition de synchronisme)
- Vocabulaire (moteur ou générateur, rotor, stator, inducteur, induit)

Intro :

En 1ère année, on a vu au travers de l'exemple de la spire tournante dans un champ B homogène et des rails de Laplace qu'il était possible de transférer de la puissance électrique en puissance mécanique. On a aussi étudié les milieux ferromagnétiques doux, où on a vu qu'il était possible de guider les lignes de champ. Aujourd'hui on va voir comment appliquer ces principes à l'étude de 3 systèmes pratiques permettant de transférer de la puissance électrique en puissance mécanique de translation ou de rotation.

On peut faire plus théâtral avec la manip mais c'est moins dans les clous des prérequis ...

I – Le contacteur (électroaimant)

1. Principe
2. Force électromagnétique (méthode générale de résolution)

II – Moteur à courant continu

1. Principe simplifié (spire rectangulaire dans un champ B constant)
2. Moteur réel (vidéos, schéma des différents éléments)
3. Schéma électrique équivalent, caractérisation

III – Moteur synchrone

1. Principe simplifié (rotation d'une boussole avec deux bobines en quadrature)
2. Moteur réel (vidéos, couple moteur)

Conclu :

Fonctionnement générateur en exo

Calculs :

- Force électromagnétique
- Spire dans un champ B (via énergie potentielle)

Biblio :

- Meyer p249
- Meyer p538 pour électroaimant
- PSI Dunod pour la méthode générale du I
- Hprépa PSI électronique ch8 (conversion de puissance électromécanique), ch9 (MCC), ch10 (machine synchrone et asynchrone)
- Bouquin électrotechnique ?
- exo pcsi dunod p449 (cadre tournant), p459 (rail de Laplace)

Manip intro :

Manip quantitative :

Caractérisation d'un moteur à courant continu. Mesure de constante de couple et de la résistance interne via un générateur à vide, ou chargé avec une résistance connue.

Courbe :

- Tension appliquée en fonction de l'intensité parcourue par le moteur bloqué. La pente est la résistance.
- Force électromotrice en fonction de la vitesse de rotation de la génératrice. La pente est la constante de force électromotrice.

Biblio :

- Recueil TP UPS p ?
- Bouquin ?

Électromagnétisme

Induction électromagnétique.

Niveau : PCSI

Prérequis :

- Mécanique du point
- Électrocinétique

Notions :

- Phénomène d'induction
- Loi de Lenz, Loi de Faraday
- Induction de Lorentz, de Neuman
- Exemples d'applications

Intro :

Se baser sur les manip quali.
Faire gaffe aux signes.

I – Le phénomène d'induction

1. Mise en évidence expérimentale (analyse des expériences d'intro)
2. Loi de Lenz (lien avec l'expérience)
3. Flux du champ magnétique, loi de Faraday

II – Champ variable, aimant fixe (Neuman)

1. Auto-induction (Flux propre et inductance propre d'une bobine)
2. Aspects énergétiques
3. Deux bobines en interactions (manip), application au transformateur de tension (loi des tensions) → transport élec dans réseau

(diminution i pour $P=\text{cte}$)

III – Champ constant, aimant mobile (Lorentz)

1. Conversion de puissance électro-mécanique (spire tournante et moteur à courant continu, conversion électrique → méca et méca → élec)
2. Freinage par induction (courants de Foucaults, manip de la chute d'un aimant dans un tube de cuivre)

Conclu :

Calculs :

Faire des choix

- Auto-induction et aspects énergétiques
- Inductance mutuelle
- Rotation d'une spire de courant dans un champ constant

Biblio :

- Meyer p259
- Gié EM 1 partie 3
- Gié EM 2 partie 6
- BFR EM 3
- Pérez EM ch14, ch15, p291
- PCSI Dunod
- exo PC Dunod equations de Maxwell induction pour questions

Manip intro :

Montrer induction via bobine avec champ variable et aimant fixe + champ constant et aimant mobile.

Manip quantitative :

Mesure d'une inductance mutuelle.

Courbe :

Tension aux bornes de la seconde bobine en fonction de la fréquence d'un signal triangle injecté dans la première. L'inductance mutuelle est dans la pente, à comparer avec racine de $L_1 L_2$.

Biblio :

- Recueil TP UPS p39
- Bellier élec p69 (transfo)
- Notice 165 (RLCmètre)

Électronique

Rétroaction et oscillations.

Niveau : PSI

Prérequis :

- Électrocinétique
- ALI
- Filtrage

Notions :

- Principe de l'oscillateur quasi-sinusoïdal
- Approche dynamique (?)
- Conditions de Barkhausen (?)

Intro :

Parler de système bouclé en général (rétroaction positive et négative) puis d'asservissement (un exemple important, exemple : conduite sur l'autoroute à 130 km/h, on accélère en dessous et on freine au dessus).

Système linéaire = équation différentielle à coefficients constants. Ici : single input single output (SISO, multiple input/output = MIMO)

I – Systèmes bouclés

1. Comportement
2. Stabilité
3. Exemple : asservissement
- 4.

II – Oscillateur quasi-sinusoïdal

1. Oscillateur à pont de Wien
2. Condition d'oscillation
3. Caractérisation
4. Stabilisation de l'oscillation ?

III -

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Conclu :

Oscillateurs à relaxations ? (cf PSI Dunod)

Autre plan :

I – rétroaction

1. Schéma bloc (rétroaction positive et négative)
2. Transmittance en boucle ouverte (positive ou négative) et en boucle fermée
3. Stabilité (définition, critère → si stable alors asservissement, si trop instable détruit le matériel si limité de stabilité OK.)

II – Oscillateurs

1. Modélisation de l'oscillateur
2. Oscillateur à pont de Wien (conditions de Barkhausen, conditions de démarrage)
3. Oscillateurs à relaxations (?)

Calculs :

- Faire le calcul de l'ALI non inverseur (permet de préparer le terrain pour oscillateur à Pont de Wien), et montrer que le produit gain-bande est constant (un peu long, dire que c'est général)
- Regarder le Meyer pour donner des exemples de différents résonateurs

Biblio :

- Meyer p269
- Truc de Mathevet sur l'automatique
- PSI Dunod (ALI non inverseur,?)
- Fruchart pour l'analogie avec les lasers
- Krob p119
- Duffait p165
- BFR EM 2 ch5 et ch6 pour les ALI
- BFR EM3 pour la rétroaction
- Hprépa PCSI électronique II p145 (Wien)
- Hprépa PSI électronique p147 (systèmes bouclés)

Manip intro :

Manip quantitative :

Oscillateur à pont de Wien. Étudier la fonction de transfert globale du circuit (pas les 2 blocs filtre et ampli séparément, car rigoureusement chaque bloc est chargé par l'autre donc on ne peut pas multiplier les 2 fonctions de transfert si simplement).

Courbe :

Diagramme de Bode. Mesure de la fréquence de résonance (oscillation), à comparer avec la valeur théorique et la fréquence d'oscillation.

Biblio :

- Krob p131
- TP de physique en prépa p ?
- Journeaux p154
- Duffait p181
- Notice 165 (RLCmètre)

Électronique

Traitement d'un signal. Étude spectrale.

Niveau : MPSI/PTSI (tourné filtrage. Modulation hors programme mais permet de mettre en avant l'aspect linéaire du filtrage)

Prérequis :

- Régime libre, réponse à un échelon de tension
- Impédances complexes
- Analyse de Fourier (décomposition en série, la TF est une généralisation)

Notions :

- Signaux périodiques, fonction de transfert, diagramme de Bode
- Réponse impulsionnelle, réponse harmonique
- Filtrage passif et actif, ordre d'un filtre
- Notion de traitement non linéaire
- Vocabulaire (signal, fonction de transfert, filtre passif ou actif, ordre 1 ou 2)
- Repliement du spectre et Shannon ?

Intro :

On utilise des signaux pour transmettre de l'information. On peut le faire par déplacement de matière (lettre) ou par déplacement d'énergie sans déplacement de matière (ondes). En général on utilise des capteurs qui transforment l'information (par exemple du son) en un signal électrique (via un microphone). Ici on s'intéresse donc au traitement d'un signal électronique. (partie utile??)

On peut l'analyser temporellement ou fréquentiellement.

Domaine fréquentiel → intéressant pour des systèmes linéaires (on peut superposer les solutions, la sortie à la même fréquence de l'entrée) et invariants dans le temps (?). On va utiliser un outil qu'on appelle fonction de transfert qui permet de caractériser la transmittance du système.

Il faut des TF dans la leçon, peut être préférer filtrer un signal triangle et pas se contenter du filtrage.

I – Rappels sur l'analyse de Fourier/Analyse fréquentielle d'un signal électrique/Analyse d'un signal électrique

1. Définition (qu'est ce qu'un signal?)
2. Analyse temporelle (signal périodique, valeur moyenne et valeur efficace)
3. analyse fréquentielle, transformée de Fourier (généralisation de la décomposition en série) et production d'un signal carré
- 4.

II – Traitement linéaire

1. Système linéaire (réponse impulsionnelle, schéma bloc, lien entre description temporelle et fréquentielle)
2. Filtre passe bas passif d'ordre 1 (RC). Montrer qu'il se comporte en intégrateur à hautes fréquences.
3. Charge du filtre par une résistance (faire la manip et montrer que la fonction de transfert change) → on ajoute un suiveur, ce qui rends le filtre actif. Autres intérêts des filtres actifs.
4. Autres types de filtres (ordres 1 et 2), montage dérivateur.

III – Traitement non linéaire : modulation d'amplitude (ou de fréquence, ou filtrage numérique?)

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Conclu :

En fonction du choix ouvrir sur filtrage numérique (pour PSI) ou sur opération non linéaire (pour MP)

Filtre passe bas ou passe bande, parler d'applications autres qu'en électronique (compression JPEG via passe bas par exemple).

Calculs :

- Fonction de transfert filtre RC passe bas
- Diagramme de Bode

Biblio :

- Meyer p277
- F Cottet traitement des signaux (traitement analogique et numérique, modulation)
- Krob p33
- Duffait électronique ch VII (filtres), IX (modulation)
- Faroux Renault électronique ch10 (filtres)
- Manneville électronique théorie du signal → théorie du signal
- Manneville électronique systèmes bouclés → partie filtrage et modulation
- Hprépa PCSI électronique II p53 (filtres)
- Hprépa PSI électronique ch1 (systèmes linéaires), ch2 et ch3 (étude temporelle, étude fréquentielle) → partie I. ch6 (modulation)
- PTSI/MPSI Dunod pour filtrage
- exo pcsi dunod p235 (signal rampe), p240 (integrateur et dérivateur)
- PSI Dunod (modulation)

Manip intro :

Manip quantitative :

Fréquence de coupure d'un filtre RC passe bas.

Montrer l'influence de la charge du filtre par une résistance, et l'intérêt d'un suiveur dans ce montage (Duffait). Les filtres actifs permettent aussi d'amplifier et de s'affranchir des bobines (parce que ...?)

Courbe :

Diagramme de Bode. Mesure de la fréquence de coupure et comparaison avec la valeur théorique.

Biblio :

- Notice 165 (RLCmètre)
- Duffait p135

Ondes

Ondes progressives, ondes stationnaires.

Niveau : PC

Prérequis :

- Mécanique du point
- Analyse harmonique
- Notation complexe

Notions :

- Ondes progressives et stationnaires
- Équation de d'Alembert
- Vocabulaire ()

Meyer :

- Ondes harmoniques
- Modes propres de vibration
- Vocabulaire

Intro :

Ondes : phénomène transversal en physique. Propagation d'énergie de proche en proche, réversible, d'une perturbation sans déplacement global de matière.

I – Équation de d'Alembert/Phénomènes ondulatoires

1. Établissement pour un réseau d'oscillateurs
2. Généralisation et solution générale (avec f et g , il existe un équivalent pour ondes stationnaires ?)
3. Conséquences (linéarité, célérité ?)
- 4.

II – Ondes progressives

1. Solution générale
2. Onde plane, onde sphérique
- 3.
4. Aspects énergétiques

III – Ondes stationnaires

1. Solution générale (produit de 2 termes). Conditions aux limites. Aspects énergétiques
2. Corde de Melde, manip
3. Application à la musique ?
- 4.

Conclu :

Calculs :

- Equation de d'Alembert via vibration d'une corde (Connaitre le calcul avec OEM et ondes acoustiques)
- Ondes stationnaires sur la corde de Melde

Biblio :

- Meyer p301
- Berkeley ondes ch5 (ondes prog)
- Cours Thibierge
- Garing ondes méca
- Garing ondes EM
- Hprépa ondes
- Hprépa ondes exercices
- PC Dunod
- Pérez optique ch17 (ondes progressives ondes stationnaires)
- exo PC Dunod ch13 (corde de Melde, tige solide et module d'Young), ch14 (OEM dans le vide)

Manip intro :

Manip quantitative :

Corde de Melde, mesure des fréquences de résonance

Les effets non linéaires (hysteresis, polarisation de l'onde) sont liés à l'élasticité de la corde

Courbe :

Fréquence de résonance en fonction du numéro de l'harmonique. Mesure de la densité linéique de la corde, à comparer avec une mesure expérimentale.

Biblio :

- Recueil TP UPS p102
- BUP ?

Ondes

Ondes acoustiques.

Niveau : PC

Prérequis :

- Mécanique du point
- Thermodynamique

Notions :

- Approximation acoustique
- Équation de propagation des ondes sonores
- Ordres de grandeurs
- Impédance acoustique

Intro :

Bien préciser dans l'air, l'eau ou dans un solide ... cf programme PC

3 questions : nature des ondes ? Quelle grandeur se propage ? A quelle vitesse ?

On entend le tonnerre après l'éclair

I – Équation de propagation des ondes sonores (dans un fluide?)

1. Approximation acoustique
2. Équation de d'Alembert (célérité?)
3. ?
- 4.

II – Solutions en ondes planes

1. Solutions progressives (manip célérité?)
2. Aspects énergétiques
3. Intensité
4. Impédance acoustique

III – Comportement aux interfaces (ou applications)

1. Conditions aux limites
2. Coefficients de réflexion et de transmission
- 3.
- 4.

Conclu :

Calculs :

- Approximation acoustique
- Équation de d'Alembert
- Intensité
- Impédance acoustique
- Coefficients de réflexions

Biblio :

- Meyer p317
- Hprépa ondes
- Hprépa ondes exercices
- Chaigne Ondes acoustiques (sources)
- Garing ondes méca
- Gié
- exo PC Dunod ch16 (ondes acoustiques, impedance)

Manip intro :

Manip quantitative :

Mesure de la vitesse du son dans l'air avec émetteur et récepteur à ultrasons

Courbe :

Distance émetteur-recepteur en fonction du nombre de longueurs d'ondes comptées.

Biblio :

- Recueil TP UPS p17
- Fruchart p515

Ondes

Propagation guidée des ondes.

Niveau : L2 (fin du cours d'onde, pas au programme de prépa actuellement)

Prérequis :

- Électromagnétisme dans le vide
- Milieux conducteurs

Notions :

- Les conditions aux limites imposent des modes de propagation
- Guide d'onde OEM rectangulaire
- Cable coaxial et fibre optique

Intro :

Transmission de l'information : via de la matière (lettre) mais aussi via des ondes (déplacement d'énergie sans déplacement de matière). On a propagation libre ou propagation guidée (contre l'espionnage et car c'est plus efficace d'un point de vue énergétique). Les câbles coaxiaux sont OK < au GHz, les fibres optiques < au THz (Meyer).

I – Guide d'onde rectangulaire (champ EM)

1. Entre 2 plans infinis (conditions aux limites, établissement via Maxwell (utiliser des couleurs pour montrer le découplage des TE et TM)), modes TE et TM, étude d'un mode TE. ou solutions, relation de dispersion)
2. Guide rectangulaire (modes propres, relation de dispersion, aspect énergétique)

II – Cable coaxial (en partie II ou dans guide d'onde EM?)

1. Présentation (ame, gaine, intérêt, fréquences, ...)
2. Équations du télégraphe
3. Caractérisation (vitesse de propagation, capacité linéique et inductance linéique par le calcul, le signal carré est une superposition de sinus)

III – Fibre optique (approche géométrique)

1. Fibre à saut d'indice, principe
2. Débit maximal
- 3.
- 4.

Conclu :

Ici on s'est intéressé principalement à différents modes de propa des OEM de différentes fréquences dans différents dispositifs, on peut appliquer ces résultats à d'autres types d'ondes comme par exemple les ondes acoustiques.

Quels modes se propagent dans le coaxial et dans la fibre ?

Calculs :

- OEM entre 2 plans infinis (ou projeté si trop long?)
- OEM dans un guide rectangulaire (ou projeté si trop long?)
- Équation des télégraphistes (à projeter?)
- guidage dans une fibre optique (via Snell-Descartes)

Biblio :

- Meyer p342
- Cours thibierge
- Pérez EM ch30 (propa guidée OEM)
- Pérez optique ch17 (fibres optiques)
- Taillet optique (guide d'onde quali)
- BUP 742 propagation guidée des ondes dans l'air
- Gié EM 2 ch17 (OEM stationnaires)
- Hprépa ondes
- Hprépa ondes exercices
- Garing OEM (guide d'onde, modes coaxial)
- Taillet optique ch8 (OEM et fibre optique)
- exo PC Dunod p163 (énergie magnétique cable coaxial)
- exo PC Dunod p200 et p205 (propagation guidée OEM)
- exo PC Dunod ch17 (lien entre OEM et Snell-Descartes)
- PSI Dunod ch31 (coaxial)

Manip intro :

Manip quantitative :

Vitesse de propagation dans cable coaxial. Mesure de la capacité linéique. Caractérisation de la capacité du cable en mesurant le temps de charge pour un circuit RC créé avec une résistance de 5kOhm (le temps carac $\tau = RC$, on met le GBF à 1kHz et on mesure τ comme le temps à 63 % de la valeur maximale). On peut remonter à l'inductance linéique car $v = 1/\sqrt{\gamma \lambda}$.

Ondes acoustiques guidées (Fruchart p515) ?

Courbe :

Pas de courbe ?

Biblio :

- Recueil TP UPS p103
- BUP recueil de TP
- Réussir les TP en prépa Dunod p308

Optique

Microscopies optiques.

Niveau : L2 (intro de l'optique ondulatoire)

Prérequis :

- Optique géométrique
- Notions de diffraction

Notions :

- Principe simplifié du microscope optique, limites
- (Grossissement commercial et puissance, cercle oculaire, profondeur de champ)
- Grossissement, résolution
- Notion de microscopie par fluorescence

Intro :

Histoire des sciences avec la biologie ? Ca peut être hyper intéressant mais nécessite de se renseigner un peu avant. Ici microscopie
→ on cherche à grossir les images.

Ici : modélisation simple du microscope en lumière incohérente dans le visible. Limites géométriques (abbérations) et physiques (pouvoir séparateur)

Amener un vrai microscope et expliquer les éléments

I – Microscope optique à 2 lentilles (ou loupe, 1 lentille)

1. Principe du microscope
2. Modélisation à 2 lentilles (schéma, ne pas tracer le rayon qui passe par le centre des lentilles car il n'existe pas pour des systèmes épais)
3. Puissance et grossissement (puissance intrinsèque, grossissement commercial)
4. Manip (comparaison puissance calculée et mesurée)

II – Limites (ou microscope optique à 2 lentilles, avec limites en contraste et en résolution)

1. Abérations (chromatiques et géométriques, diapo)
2. Pouvoir séparateur (tache d'Airy, ouverture numérique, limite de résolution, critère de Rayleigh)
- 3.
- 4.

III – Au delà de la limite de diffraction (ou autres types de microscopie – contraste de phase et fluorescence)

1. Microscopie par fluorescence
2. Microscope par contraste de phase
- 3.
- 4.

Conclu :

Calculs :

Biblio :

- Meyer p385
- Houard ch6 (abérations), ch7.2 (microscope, pour le I), ch10.6 (limites)
- BUP 775, 1995
- site microscopyu.com (pour images)
- Cours J Fillette ?
- Optique ingénieur ?
- Bouquin d'histoire des sciences ?
- I et II – Sextant p28
- Wastiaux microscopie optique moderne
- Pérez optique ch1 à 8 (optique géométrique), ch9 et ch10 (abérations)
- Taillet optique ch5.3 (limites de l'OG)
- exo pcsi dunod (œil et loupe)

Manip intro :

Manip quantitative :

Microscope.

Mesure de la puissance du microscope. Choisir des lentilles de 10cm et 10 cm (une courte focale pour l'objectif permet d'avoir un gros grossissement mais une trop courte focale implique une profondeur de champ importante pour l'image intermédiaire). Commencer par faire l'oeil, fixer l'intervalle optique et régler la netteté en bougeant l'objet (comme sur un vrai microscope). Finir par placer l'oeil au cercle oculaire. On peut observer l'image intermédiaire sur un écran, et ajouter une lentille de champ à la position de l'image intermédiaire.

Courbe :

Pas de courbe. Mesure de la puissance, comparaison à la valeur théorique.

Biblio :

- Recueil TP UPS p122
- Houard p
- Sextant p25

Optique

Interférences à deux ondes en optique.

Niveau : PC

Prérequis :

- Optique géométrique
- Ondes 1ère année (diffraction, interférences d'ondes mécaniques)
- Modèle d'onde scalaire

Notions :

- Spécificités du phénomène d'interférences en optique (moyenne temporelle)
- Condition d'interférences
- Notions de cohérence spatiale et temporelle

Intro :

On a vu l'optique géométrique où l'énergie se propage selon des rayons lumineux (pouvant être interprété comme un flux de particules). Aujourd'hui on va voir que dans certaines situations, cette description simpliste est caduque, et on va démontrer la nature ondulatoire de la lumière (introduite au cours précédent via le modèle de l'onde scalaire).

Peut être trouver un truc plus funky avec la manip ? Il faut que ce soit cohérent avec les prérequis

Parler des détecteurs et du moyennage temporel quelque part

Interférences = redistribution spatiale de l'énergie lumineuse. Déphasage fixe en un point donné.

I – Interférences à deux ondes

1. Superposition de 2 ondes, éclairement
2. Condition d'interférences
3. Phénomène d'interférence (amplitude)
4. Figure d'interférences (hyperboloïdes)

II – Dispositifs interférentiels

1. 2 familles (division du front d'onde et division d'amplitude)
2. Fentes d'Young : différence de marche (présentation + calcul + manip)
- 3.
- 4.

III – Notion de cohérence

1. Cohérence temporelle
2. Cohérence spatiale

Conclu :

Il existe d'autres dispositifs interférentiels (division d'amplitude, Michelson)

Calculs :

- Éclairage pour la superposition de 2 ondes. Condition d'interférences
- Différence de marche pour les fentes d'Young

Biblio :

- Meyer p393
- Houard ch8 (interférences)
- BFR optique ?
- Taillet optique ch3 (interférences, cohérence)
- Pérez optique ch22 (interférence), ch23 (cohérence)
- Mauras optique physique ?
- exo PC Dunod p289 (fentes d'Young)

Manip intro :

Fente d'Young (quali) ?

Manip quantitative :

Fentes d'Young avec laser. Mesure d'un interfrange. Montrer diffraction par une fente avant (très vite)

Courbe :

Position des franges sombres en fonction de la distance. Vérification loi linéaire et mesure de l'interfrange (dans la pente).

Biblio :

- Houard p
- Bellier p186 ?, Sextant p161 (bof, lumière blanche)
- Notice 172 (laser)
- Duffait optique p50
- Duffait optique p14 (laser)

Optique

Interférométrie à division d'amplitude.

Niveau : PC

Prérequis :

-Interférences à deux ondes en optique

Notions :

-Théorème de localisation

-Configuration lame d'air et coin d'air du Michelson

-Interféromètre de Fabry-Pérot

Intro :

Parler de LIGO/VIRGO ? De Michelson et Morley ? Des 2 ? Ou alors axer sur la spectro en rapport avec la manip ?

Dans le cours précédent on a vu les interférences à division du front d'onde. On a vu qu'il y avait des phénomènes de cohérence spatiale (et temporelle?) qui rendaient difficile d'obtenir des interférences avec des sources étendues. Aujourd'hui on va étudier plus en détail un autre type d'interféromètre (le Michelson) qui est basé sur un autre principe : la division d'amplitude, qui permet de s'affranchir de la cohérence spatiale et observer des interférences avec des sources étendues. On a aussi Fabry Pérot.

I – Interférométrie à division d'amplitude (ou théorème de localisation? Ou cohérence spatiale et brouillage via fentes d'Young)

1. Principe
2. Avantages et inconvénients
3. Lame à faces parallèles ? (Fillette)
- 4.

II – Interférences à 2 ondes, Interféromètre de Michelson (ou théorème de localisation)

1. Principe
2. Lame d'air
3. Coin d'air
4. Avec 2 longueurs d'ondes → battements → doublet du sodium

III – Interférences à N ondes, Cavité Fabry-Pérot (ou Michelson)

1. Principe
2. Avantages et inconvénients
- 3.
- 4.

Conclu :

Calculs :

-Théorème de localisation apparemment. Où caler la manip ? En même temps que la présentation du Michelson en lame d'air ?

Biblio :

- Meyer p404
- Taillet optique ch3 (Michelson), ch4 (Fabry Pérot)
- Houard ch8 (Michelson et Fabry Pérot)
- BFR optique ?
- Pérez optique ch24 (lame d'air), ch25 (coin d'air), ch28 (Fabry Pérot)
- Mauras optique physique ?
- exo PC Dunod p298 (Michelson lame d'air), p305 (doublet Na)

Manip intro :

Manip quantitative :

Michelson doublet du sodium

Réglage :

- Réglage grossier du parallélisme entre séparatrice et compensatrice avec un laser à 45° (on veut superposer les 2 points)
- Réglage grossier du parallélisme des miroirs avec un laser en incidence normale (on veut superposer les 2 points les plus intenses)
- Réglage de l'épaisseur de la lame d'air avec un laser+objectif de microscope (on veut obtenir des franges parallèles)
- Réglage fin du parallélisme des miroirs avec un laser+objectif de microscope (on veut obtenir les franges les plus épaisses possibles)
- Enlever le laser et le remplacer par une lampe spectrale Na + un condenseur. Faire l'image du filament sur les miroirs. Utiliser une lentille de projection de 1m et un écran. Observer des anneaux.
- Régler finement le parallélisme entre séparatrice et compensatrice afin d'obtenir des anneaux bien circulaires (mesurer si besoin).
- Régler l'épaisseur de la lame d'air de façon à faire rentrer les anneaux et atteindre le contact optique. Si le contraste est bon, le parallélisme est bon. Noter la position du contact optique.
- Mesurer la position des annulations de contraste en chariotant, en estimant les incertitudes sur les antioincidences.

Courbe :

Position des antioincidences en fonction de l'indice de l'antioincidence. La différence des longueurs d'onde du doublet est dans la pente. Déterminer la longueur d'onde moyenne au spectro.

Biblio :

- Fruchart p218 (doublet)
- Duffait optique p76 (doublet)
- Houard p233
- Duffait optique p12 (lampe spectrale)

Optique

Diffraction de Fraunhofer.

Niveau : L2

Prérequis :

- Transformée de Fourier
- Optique ondulatoire

Notions :

- Nombre de Fresnel ?
- Approximation de Fraunhofer
- Théorème de Babinet
- Résolution d'un télescope

Intro :

Diffraction = nature ondulatoire de la lumière.

L'OG est limitée par la diffraction (pas d'astigmatisme en réalité, l'image d'un point est une tache). On peut étudier le phénomène et l'utiliser.

I – Phénomène de diffraction (Principe de Huygens Fresnel)

1. Mise en évidence
2. Principe de Huygens Fresnel
3. Régimes de diffraction ?
- 4.

II – Diffraction de Fraunhofer

1. Montage de Fraunhofer, propriétés (calculs, théorème de Babinet)
2. Diffraction par une fente rectangulaire (manip)
3. Diffraction par une ouverture circulaire
- 4.

III – Application au filtrage spatial/résolution d'un télescope, capacité d'un CD vs bluray/limite de résolution des instruments d'optique

1. Principe
- 2.
- 3.
- 4.

Conclu :

Calculs :

- Formule avec les distances au carré là ?

Biblio :

- Meyer p411
- BFR optique ?
- Taillet ch5 (diffraction)
- Houard ch10 (diffraction)
- Pérez optique ch21 (diffraction), ch30 (optique de Fourier)
- Mauras optique physique ?
- exo PC Dunod p326 (diffraction fente rectiligne), p329 (filtrage optique)

Manip intro :

Manip quantitative :

Diffraction par une fente vs par un obstacle (théorème de babinet)

Envoyer directement le laser sur la fente, ou schéma Sextant p109 (= Houard p302)

Faire mesures en régime exact ou approché, et présenter l'autre option en leçon

Courbe :

Position des franges sombres en fonction de la distance. Mesure de l'épaisseur d'une « frange ».

Biblio :

- Notice 172 (laser)
- Sextant p105 (complet), p191 (spécificités des laser)
- Duffait optique p39
- Duffait optique p14 (laser)
- Houard p

Optique

Diffraction par des structures périodiques.

Niveau : L2 (trop léger en MP)

Prérequis :

-Transformée de Fourier

Notions :

- Influence de la périodicité du réseau sur la diffraction
- Formule des réseaux
- Application à la spectroscopie (?)
- Diffraction de Bragg (si angle d'incidence = angle de déviation)
- Espace réciproque, fréquences spatiales

Intro :

Leçon à bosser !

I – Réseau optique plan

1. Réseau par transmission ou par réflexion
2. Formule des réseaux (pour réflexion et transmission) → Pouvoir séparateur si p différent de 0

II – Propriétés et applications

1. Dispersion par un réseau (2 cas particuliers : incidence normale ou spectre normal)
2. Recouvrement des spectres
3. Réseau blazé etc ... ? Application au goniomètre ?
- 4.

III – Cristallographie (3D)

1. Condition de Bragg
2. Réseau réciproque etc ...
- 3.
- 4.

Conclu :

Calculs :

-Formule des réseaux

Biblio :

- Meyer p424
- Houard ch10.9 (formule des réseaux)
- Mauras optique physique ?
- Taillet optique ch4 (réseaux)
- BFR optique ?
- Ashcroft ?
- Pérez optique ch27 (réseaux)
- Kittel ch1 et ch2(cristallo, Bragg)
- exo PC Dunod p316 (diffraction par un réseau)

Manip intro :

Manip quantitative :

Diffraction par un réseau en montage de Fraunhofer, ou juste envoyer un laser sur un réseau sinon, voire utiliser le schéma Sextant p109

Cf Bellier p123 ou Sextant p118 (bof)

Faire mesures avec 2 lasers de longueur d'onde différentes

Montage de Fraunhofer, avec lampe spectrale (Na) + fente source ou laser avec élargisseur de faisceau

Ne pas prendre un réseau avec trop de traits car sinon les angles sont importants et c'est relou à observer avec un petit écran

Courbe :

Biblio :

- Notice 172 (laser)
- Sextant p117
- Duffait optique p12 (lampe spectrale)
- Houard p

Physique atomique/Physique du solide

Absorption et émission de la lumière.

Niveau : PC (spectroscopie hors programme)

Prérequis :

- Optique ondulatoire (réseaux)
- Facteur de Boltzmann
- Quantique 1ère année (ptés des photons, modèle de Bohr)
- Méca quantique ondulatoire ?

Notions :

- Spectres d'émission et d'absorption (propriétés)
- Absorption, émission spontanée et stimulée
- Coefficients d'Einstein

Intro :

On a un spectro USB, on regarde différentes sources et on obtiens des spectres différents. Pourquoi ? Dans ce cas modèle d'Einstein pas hyper logique ... Ou alors Parler de l'absorption et l'émission spontanée et garder le III pour expliquer la nécessité de l'émission stimulée (puis suite logique avec lasers). Dans ce cas approche historique ...

Présentation du spectro USB, utilisation avec lampe H, lampe incandescence et abso via cuve MnO_4^-

I – Approche microscopique

1. Rappel : propriétés des photons
2. Processus pour les photons (absorption, émission spontanée et stimulée)
3. Atome d'hydrogène (modèle de Bohr et modèle quantique)

II – Spectroscopie

1. Mesure du Rydberg via raies de Balmer avec lampe H
2. Principe spectre continu lampe incandescence (diapo)
3. Principe spectre abso MnO_4^-
4. Comparaison (milieux dilués vs condensés)

III – Approche macroscopique : Modèle d'Einstein

1. Coefficients d'Einstein, hypothèses du modèle
2. Relations entre les coefficients, nécessité de l'émission stimulée, autres conséquences.

Conclu :

3 processus atomiques, intro spectro optique, modèle d'Einstein

Ouverture : lasers (prochaine leçon)

Calculs :

III – 2. Relations entre les coefficients d'Einstein

Biblio :

- Meyer p435
- Cagnac et al., Physique atomique, Dunod
- Hennequin et al., Lasers, Dunod
- Sextant, Optique expérimentale, Hermann (p225)/Duffait ?
- Taillet p232 (coefficients d'Einstein)
- Basdevant quantique et applications ch3 (interaction lumière matière) et p49 (coefficients d'Einstein)
- exo PC Dunod ch18 (coefficients d'Einstein, inversion de population, cavité résonante)
- PSI Dunod (lasers)

Manip intro :

Spectroscopie d'émission lampe + d'absorption MnO_4^- + émission H (qualitatif)

Manip quantitative :

Spectroscopie d'émission lampe à hydrogène, mesure du Rydberg.

Courbe :

Spectre de la lampe à H. Longueurs d'ondes des raies observées.

Biblio :

- Recueil TP UPS p129
- Notice 120a
- Duffait optique p130 (KMnO_4 et H)

Électromagnétisme/Physique du solide

Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques.

Niveau : PSI

Prérequis :

-EM dans les milieux magnétiques

Notions :

-Différents types de matériaux magnétiques
 -Courbe de première aimantation et cycle d'hystérésis
 -Ferromagnétisme dur et doux
 -Analogie circuit électrique et circuit magnétique (cf wiki reluctance) ?
 -Applications pratiques (électroaimant, transformateur)

Intro :

Partir des manips sur les ferro et discuter des prérequis.

I – Comportement ferromagnétique (ou aimantation, ou caractérisation du ferromagnétisme)

1. EM dans les milieux magnétiques (rappel) ? (Ou courbe de première aimantation, ou mise en évidence expérimentale), ou définition et ordre de grandeur (température de Curie, comparaison de l'aimantation avec un para, exemples, pour les ferro on a pas de théorie de réponse linéaire comme avec les para).

2. Types de comportement magnétiques (dia, para, ferro) (ou Canalisation des lignes de champ, application au Tore)

3. Interprétation microscopique qualitative

II – Cycle d'hystérésis

1. Courbe de première aimantation

2. Cycle d'hystérésis

3. Ferro dur et doux

4. Analogie entre circuit électrique et circuit magnétique

III – Applications (ou ferro dur et doux, applications), ou aspects énergétiques (pertes cuivre, pertes fer)

1.

2.

3.

4. Application au transfo (ou disque dur)

Conclu :

Calculs :

?

Biblio :

- Meyer p533
- BFR EM4 ch5 (aimantation micro), ch6 (aimantation macro), ch7 (étude micro des dia et para), ch8 (ferro)
- Gié EM2 ch29 (ferro)
- Pérez EM ch22 (aimantation macro), ch25 (dia et para micro) ch26 (ferro)
- Kittel ch12 (interprétation microscopique)
- Ray physique par les objets quotidiens (à regarder)
- Mérat physique appliquée électronique de puissance (pour reluctance, si pour ferro doux linéaires)
- Hprépa PSI électronique ch7 (tout, application au transformateur)
- Hprépa PC thermo ch5 (prérequis et questions)
- Garing milieux mag (à regarder)

Manip intro :

Comportement des ferro (aimantation, ...)

Manip quantitative :

Courbe de première aimantation et cycle d'hystérésis. Mesure de M_{sat} pour la première aimantation (semi-quantitatif car on arrive pas tout à fait à saturation).

Utiliser bobine de 500 (primaire) et 1000 tours (secondaire). Tester avec ferro non feuilleté.

Courbe :

Pas de courbe. Comparaison d'ordre de grandeur de l'aimantation de saturation avec la valeur de référence (cf Quaranta IV, BFR EM4)

Biblio :

- Quaranta IV
- BFR EM4
- Recueil TP UPS p163

Pour hysteresis : faire un bilan de puissance en comparant la puissance injectée – les pertes cuivre = les pertes fer ???

Physique du solide

Mécanismes de la conduction électrique dans les solides.

Niveau : PSI (III hors programme, ne pas y passer trop de temps)

Prérequis :

- Électromagnétisme
- Mécanique du point

Notions :

- Modèle de Drude
- Effet Hall
- Notions de théorie des bandes
- Gaz e- comme gaz quantique dégénéré

Intro :

On a vu la loi d'Ohm, valide dans une large gamme de conductivité. Ajd : explication microscopique avec un modèle classique (modèle de Drude), puis application à l'effet hall et mesure du nombre de porteurs, puis intro qualitative à la théorie des bandes. e- comme un gaz, MQ → bandes plus ou moins éloignées entre isolant, semi-conducteur et conducteur. SC = révolution en électronique et informatique.

I – Modèle de Drude

1. Hypothèses
2. Mise en équation
3. Loi d'Ohm
4. Ordres de grandeur et limites pour un métal

II – Application à l'effet Hal

1. Schéma
2. Calcul de la tension de Hall
3. Mesure du nombre de porteurs. Nombre de porteurs/atome très inférieur à 1 (alors que de l'ordre de 1 dans les métaux).

Pourquoi ?

III – Introduction à la théorie des bandes, semi-conducteurs (ou Limites du modèle de Drude)

1. Explication qualitative
2. Semi-conducteurs (intrinsèque, extrinsèque)
4. Comparaison entre Métal, semi-conducteur et isolant

Conclu :

Il faut prendre en compte la nature quantique

Calculs :

- Modèle de Drude
- Effet Hall

Biblio :

-Meyer p 543 (théorie des bandes)

Pérez électromagnétisme ou PC Dunod ch15, Basdevant p296, exo pc dunod p167 pour modèle de Drude

Kittel p143, PC Dunod ch15, exo PC Dunod p171 pour effet hall

Kittel ch7 pour théorie des bandes, ou Basdevant quantique et applications p256 pour qualitatif

Kittel p140 (résistivité des métaux), p143 (effet Hall)

-Duffait élec p55 pour intro rapide aux SC

-BFR EM1 ch9 pour Drude et théorie des bandes qualitative

-Pérez EM ch7 (Drude, Hall pas clair et bandes), ch27 (supra pour questions)

-voire aussi Couture&Zitoun pour Drude avec les proba (tau est un paramètre d'ajustement qui modélise une physique complexe), et Reif physique stat (en anglais) éventuellement

Manip intro :

Manip quantitative :

Effet hall. Mesure du nombre de porteurs.

Peut être trouver un truc pour parler un peu des métaux quand même

Courbe :

Tension de Hall en fonction du champ appliqué. Calcul du nombre de porteurs et comparaison avec le nombre trouvé dans la doc.

Biblio :

-Doc de la carte <https://www.leybold-shop.fr/ge-dope-n-sur-carte-imprimee-586853.html>

-Autre doc <https://www.leybold-shop.com/base-unit-for-hall-effect-586850.html>

-Notice 40

-Notice 120

Transverse

Phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique.

Niveau : L3

Prérequis :

- Électrocinétique
- Mécanique du point
- Physique des ondes
- Optique ondulatoire
- Méca Q ?

Notions :

- Définitions : résonance, mode (+ ddl)
- On a autant de modes que de ddl
- Pour un nombre infini de ddl, tout les modes se propagent donc on a plus de résonance
- Dans ce cas la résonance réapparaît via les conditions aux limites

-Accord de phase pour systèmes peu dissipatifs

Intro :

On a pu voir dans plusieurs domaines qu'il existait une résonance (transfert de puissance maximale à une excitation donnée).
Phénomène générale en physique, en partant du RLC (puis on généralise en augmentant le nombre de degrés de liberté).
On s'intéresse aux systèmes linéaires.

I – 1 DDL (circuit RLC, revoir plan du I éventuellement)

1. Le circuit RLC (fonction de transfert et sens physique)
2. Résonance en puissance (manip, définitions)

II – N ddl (généralisation)

1. 2 ressorts couplés (2 ddl, les équations sont indépendantes et se ramènent à 2 systèmes à 1ddl)
2. N ressorts couplés (généralisation à N ddl)
3. Nombre infini de ressorts couplés (N ddl, passage au continu, relation de dispersion, équation de d'Alembert, on a plus de phénomène de résonances car toutes les fréquences se propagent de la même manière)

III – Résonance d'une onde par ses conditions aux bords (choisir les exemples)

1. Corde de Melde
2. Fabry Pérot
3. Barrière de potentiel en méca Q

Conclu :

Mode = mouvement collectif ayant lieu à une fréquence propre et avec une relation d'amplitude et de phase entre les parties

Résonance si système de type oscillateur avec transfert entre énergie inertielle (cinétique, magnétique, ...) et élastique (énergie potentielle, ...)

Calculs :

- Fonction de transfert du filtre RLC
- Partie II à projeter
- Corde de Melde ou Fabry Pérot

Biblio :

I – Duffait élec p145, bouquins prépa, Brasselet mécanique pour facteur de qualité d'un point de vue énergétique, BUP RLC

II – Bouquins de prépa, cours de Mathevet, Pérez méca ch27

III – Taillet pour Fabry Pérot

-Pérez ch11 (oscillateurs et résonances)

Cours Berkeley Ondes (oscillateurs à 2 et N dII)

MPSI Dunod (résonance RLC)

-exo pcsi dunod p210 (rlc), p224 (résonance rlc)

-Meyer p555

Manip intro :

Manip quantitative :

RLC en passe bande résonant, diagramme de Bode du filtre, mesure de la fréquence de résonance ($=1/\sqrt{LC}$), indépendant de la résistance) et du facteur de qualité (à relier à la largeur à mihauteur de la résonance)

Aux bornes de la résistance on a toujours la résonance en puissance (car résonance en intensité donc RI^2 est maximum). Aux bornes du condensateur on a pas toujours de résonance (en amplitude). Préférer la résonance en puissance aux bornes de R car résonance en puissance plus générale en physique
« Facteur de qualité = énergie stockée du système/énergie dissipée » à vérif, brasselet mécanique

Courbe :

Diagramme de Bode, mesure de la fréquence de résonance et du facteur de qualité. La fréquence de résonance est liée à L et C et le facteur de qualité à R (infini pour $R=0$)

Biblio:

-Duffait p145

-Krob p47 (commentaires sur le RLC passif)

-Notice 165 (RLCmètre)

Transverse

Oscillateurs ; portraits de phase et non-linéarités.

Niveau : L3

Prérequis :

- Mécanique du point
- Mécanique du solide ?
- Électrocinétique
- ALI
- Analyse de Fourier

Notions :

- Rappel des équations d'OH
- Formule de Borda
- Ligne de phase (xpoint en fonction de x pour CI données) et portrait de phase (permet de voir dans quel régime on est, les trajectoires de phase sont les lignes isoénergies pour un système conservatif)
- Bifurcations ? Attracteurs ?
- Notions de physique non linéaire ?

Intro :

Chaque point d'équilibre stable peut être décrit à son voisinage par un OH. Non linéarité = on produit de nouvelles harmoniques . Dans la très grande majorité des cas en licence on a regardé des systèmes linéaires, ou on a linéarisé les équations de façon à ce que le principe de superposition s'applique. On a développé des méthodes pour résoudre de tels systèmes. Dès que les équations qui régissent le système sont non linéaires on a plus de méthode générale de résolution, mais on peut éventuellement résoudre les problèmes numériquement et utiliser les portraits de phase pour comprendre leur évolution. Ici on parle d'oscillateurs ! Phrase avant trop générale ?

Non linéaire = amplitude de la réponse non proportionnelle à l'excitation, apparition de nouvelles fréquences lors d'une excitation à une fréquence donnée.

Ici : portrait de phase $1D = 1$ ddl en fonction de la dérivée du ddl par rapport au temps ??

Oscillateurs = inertiel en compétition avec élastique. OH comme archétype, pendule pesant bon exemple ici mais applicable dans d'autres contextes.

Système linéaire = décrit par une équation différentielle à coefficients constants

I – Oscillateurs conservatifs

1. Équation du pendule pesant, qui donne OH si linéarisé
2. Non linéarités du pendule simple, formule de Borda et limites
3. Portrait de phase (linéaire ou non, commenter le signe de thetapoint pour donner le sens de parcours du portrait de phase)

II – Oscillateurs amortis

1. Équation du pendule pesant amorti (frottement fluide proportionnel à v)
2. Portrait de phase
- 3.
- 4.

III – Exemple d'oscillateur auto-entretenu

1. Équation d'oscillateur auto-entretenu : Oscillateur de Van der Pol
2. Zoologie des différents comportements (en fonction du signe du terme d'amortissement) et portraits de phases associés.

Bifurcation de Hopf.

3. Montrer le spectre des oscillations via simu ?
- 4.

Conclu :

Ouverture sur chaos et systèmes dynamiques

Faire gaffe entre pendule pesant (méca solide) et pendule simple (méca du point)

Calculs :

- Formule de Borda (e-learning physique), pousser le développement limité du sinus à l'ordre 3 (les termes paires sont nuls par symétrie)
- Portrait de phase pendule (multiplier l'équation du mouvement aux petits angles ou non par thetapoint et intégrer). Tracer thetapoint/omega en fonction de theta → cercle

Biblio :

- Krob p167
- Duffait p165
- Pérez mécanique ch10 (OH libre et amorti, non linéaire), ch11 (OH forcé)
- BFR mécanique 1 ch11 (OH libre), ch12 (OH amorti et forcé)
- BFR méca 2 ch9
- Maneville Chaos et turbulence (à regarder, cf sur hal.science)
- Fruchart (pendule non linéaire)
- Chercher bouquins mécanique analytique
- Cours M1 Physique non linéaire Thierry Dauxois
- BUP 744 portrait de phase des oscillateurs
https://uhincelin.pagesperso-orange.fr/LP49_BUP_portrait_phase_oscil.pdf
- Faroux Renault électronique ch1 (amortissement RLC), ch12 (oscillateurs)
- Cours physique non linéaire Montrouge
<http://ressources.agreg.phys.ens.fr/static/TP/serie3/PhysiqueNonLineaire.pdf>
- exo pcsi dunod p342 (pendule simple), p352 (pendule pesant, portrait de phase, bifurcation)

Manip intro :

Pendule simple

Simu : <https://femto-physique.fr/simulations/simple-pendulum.php>
<https://www.youtube.com/watch?v=nsxRxPW4Wvc>

Manip quantitative :

Mesure isochronisme (+ anharmonicité et éventuellement portraits de phase) du pendule simple, comparaison avec formule de Borda.

<http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/meca/torsion.html>

Mesurer la durée de 10 périodes, pour différents angles initiaux en fonction du temps. Tracer la période en fonction de l'angle initial au carré (pour comparer à Borda). Montrer l'anharmonicité à 120 degrés avec la TF de thetapoint (car amplitude du pic à 3 omega plus importante).

Courbe :

- Période du pendule en fonction de θ^2 . Mesure des coefficients d'ajustements pour la formule de Borda.
- Portraits de phase (qualitatif)

Biblio :

- Recueil TP UPS p51
- Fruchart p478

Relativité restreinte

Cinématique relativiste. Expérience de Michelson et Morley.

Niveau : L3

Prérequis :

- Mécanique classique
- Électromagnétisme
- Optique ondulatoire

Notions :

- Invariance de c
- Principe de relativité
- Transfo de Lorentz, dilatation des durées et contraction des longueurs
- Vocabulaire de la RR

Intro : pourquoi M&M font leur expérience ? Ils trouvent l'invariance de c , quelles conséquences ? (diap, 6 min)

I – Expérience de Michelson et Morley

1. Principe de l'expérience (diap, 8 min)
2. Calcul du déphasage (tab, 15 min)
3. Résultats de l'expérience (diap, 17 min)

II – Cinématique relativiste

1. Postulats (diap, 18 min)
2. Dilatation des durées, muons atmosphériques, contraction des longueurs (tab + exp + tab, 30 min)
3. Transformation de Lorentz, intervalle, composition des vitesses (diap + tab + diap, 38 min)

Conclu :

Tableau comparatif mécanique classique vs relativité restreinte (diap, 39 min).

Ouverture sur référentiels non inertiels en méca classique mais pas en restreinte (relativité générale nécessaire) (diap, 40 min)

Calculs :

- I – 2 : Déphasage entre 2 configs de l'exp M&M
- II – 2. Horloge à photons et dilatation des durées
- II – 2. Train et contraction des longueurs
- II – 3. Intervalle d'espace-temps via TL

-Meyer p77

-Relativité restreinte, Semay & Silvestre-Brac, Dunod

-BFR Méca 1 Annexe 3

-Pérez ?

Experimental testing of time dilatation, wiki en → papier Frisch & Smith

Manip intro :

X

Manip quantitative :

Analyse résultats muons atmosphériques (voire page wiki « experimental testing of time dilatation »).

Mesure du temps de demi-vie via Regressi.

Courbe :

Nombre de muons en fonction de l'altitude. Comparaison avec les résultats de la RR.

Ou alors analyser l'expérience de M&M ?

Mécanique quantique

Effet tunnel : application à la radioactivité alpha.

Niveau : PC (Gamow légèrement hors programme)

Prérequis :

- Mécanique quantique ondulatoire (puits de potentiels)
- Électromagnétisme (ondes évanescences)

Notions :

- Phénomène de l'effet tunnel avec de la matière (analogie avec les ondes évanescences en EM)
- Radioactivité alpha (rappels + modèle de Gamow)

Intro :

On a vu qu'il y avait des ondes évanescences en EM. Ajd on va voir qu'il existe un comportement analogue pour les ondes de matière, qui peuvent parfois passer au travers des murs comme Harry Potter. Applications en physique fondamentale et appliquée.

I – Effet tunnel

1. Barrière de potentiel 1D semi-infinie (de hauteur finie, donner les régimes possibles en classique et en quantique pour différentes énergies de la particule incidente, bien préciser les conditions aux bords sur la fonction d'onde et sa dérivée, préciser que l'on s'intéresse à des énergies définies mais que en réalité on les superpose pour faire un paquet d'ondes)

2. Barrière fine et effet tunnel

II – Radioactivité alpha

1. Constatation expérimentale, différents modes de désintégration (+ image vallée de la stabilité ?)

2. Modèle de Gamow (donner les grandes lignes, hors programme prépa. On peut le démontrer en découpant le potentiel en rectangle et passer à la limite, ce qui n'est pas rigoureux car on a supposé une barrière épaisse, mais cela donne le même résultat qu'une démo plus rigoureuse via WKB)

3. Comparaison avec des résultats expérimentaux (loi de Geiger-Nuttall)

Conclu :

Comportement classique et quantique très différent pour la matière, effet tunnel permet de modéliser certains aspects de la radioactivité alpha, applications technologiques (microscope à effet tunnel)

Calculs :

-Continuité de la dérivée : intégrer de $-\epsilon/2$ à $\epsilon/2$ et faire tendre ϵ vers 0 (voire Basdevant)

- Barrière de potentiel infinie, fine ou épaisse

- Formule de Gamow/Geiger-Nuttall.

<https://www.e-periodica.ch/cntmng?pid=ads-001%3A1934%3A16%3A%3A633>

Biblio :

BUP l'effet tunnel - quelques applications

PC tout en un Dunod

Charles Antoine, introduction à la Physique Quantique

Basdevant M1 ?

Geiger-Nutall law, wiki en → papier Andreyev ?

Bouquin de Matthieu : Luc Valentin le monde subatomique

Cours de Berkeley MQ pour Gamow

-Basdevant quantique et applications ch5 (Gamow, radioactivité alpha et vallée de stabilité un peu compliquée)

-exo PC Dunod ch21 (puits et barrières de potentiels, tunnel et radioactivité alpha)

-Meyer p473

Manip intro :

X

Manip quantitative :

Analyse données sur la loi Geiger-Nutall. Mesure de ... ?

Courbe :

?

Biblio :

?