Notes de physique

Goutte d’eau nuage et arc en ciel : 10um -> diffusion Mie

Molécules atmosphère : moyenne 2nm -> diffusion Rayleigh, Mie, x^4, bleu plus diffusé

Métaux reflechissent car electrons libres, frequence plasma : vibrent et renvoient lumière

Or et cuivre absorbent violet bleu vert car transitions électroniques

façon cool de montrer les vibrations de musique (prendre une ou 2 notes): enceinte > cone pour transmettre vers un morceau de ballon fixé sur l’extrémité du cône > miroir posé dessus -> éclaire en incidence rasante ou presque -> la musique crée par l’enceinte fait vibrer la membrane, et change l’angle d’incidence et de réflexion du laser -> joli pattern

fluorescence : ex quinine dans Schweppes (tonic), illuminer avec un laser ou UV -> émission autre couleur

exemple stylé hysteresis d’actualité : <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2727-5>

Diffusions

diffusion de matière, diffusion thermique, diffusion de quantité de mouvement, diffusion de charge

Radioactivité

* becquerel, plaques photo
* Pierre et Marie Curie ont travaillé en parallèle, interprétation
* int forte : courte portée, fermi, on la voit pas à l’échelle atomique (noyau 10^-14m, r0=1,2fm), attractive à très courte portée, répulsive sinon
* pb à N corps : fonctions d’onde pas résolvable analytiquement, besoin d’approx, numériquement très long
* 1MeV=10^-13J
* B plus ou moyen proportionnel à A, veut pas dire que noyau est plus stable, B/A én de liaison par nucléon
* comparaison int forte

Physique statistique

**Sackur tetrode** : une des premières preuves de la mécanique quantique, bonne estimation de la constante de Planck, dvlp indépendamment par Sackur et Tetrode (à seulement 17ans), ajusté sur la chaleur latente de vaporisation du mercure

Quantique

* condition aux limites :

conditions de Dirichlet : nulle aux bords

conditions périodiques

* la lumière est quantique car effet photoélectrique : une quantité d'énergie minimale est nécessaire pour extraire l'électron de l'atome (effet photoélec ne marche que sur électrons liés, plus satisfaisant à partir de Bohr 1913 niveaux atomiques, on peut ne voir que quantification niveaux d’énergie)
* ultime expérience : diffusion Compton 1923 : photon incident sur atome, électron libre (faiblement lié) est éjecté (at ionisé), photon diffusé, allongement de sa longueur d’onde (diffusion élastique) (marche sur tous les électrons mais observable que sur libre car éjecté)
* électrons sont quantiques : exp de Davisson et Germer 1927, diffraction, valide hypothèse de De Broglie (particules peuvent se comporter comme ondes) (cible de Ni cristal)
* longueur d’onde de de Broglie
* photons : ,
* non photons : , ,
* longueur d’onde thermique de de Broglie : remplacer par
* existence du spin : Stern et Gerlach 1922 : atomes d’Ag dans un chp B vertical irrotationnel : déviation soit vers le haut, soit vers le bas, rien au milieu -> existence d’un moment cinétique intrinsèque
* Effet Zeeman 1896 : un atome dans un chp magnétique a une levée de dégéneresence des niveaux de nb de moment cinétique total différent -> shift de la longueur d’onde

applications : en astrophysique pour la mesure du champ magnétique du soleil (effectuée quotidiennement par satellite). Galaxie, autres étoiles possibles…

en chimie spectroscopie RMN, résonance paramagnétique électronique

en physique atomique : refroidir atomes

RMN application : IRM (atomes d’hydrogène, résonance à 42 MHz/T)

* système à 2 niveaux : sphère de Bloch

recouvrement et couplage sont liés

* NH3 cas particulier : mode sym/antisym quand on le retourne

Confinement d’une particule et quantification de l’énergie

* sol de Schrödinger stationnaires sont que des ondes planes ? Non, il y a des ondes sphériques aussi
* un état lié vérifie ? on développe intégrale psi x dpsi/dx = 0 car impaire
* potentiel constant par morceaux
* eq de Schrödinger : sol est complète si on se résume aux solutions stationnaires ? non, mais si on veut connaitre les niveaux d’énergie OK, suffisant. Simplifie la solution mais vraie sol est combinaison linéaire d’ondes planes, peut devenir onde sphérique en 3D, séparable en 2 systèmes de coordonnée curviligne.
* phi(x) et phi(-x) : combinaison linéaire + et - sont des fonctions d’ondes orthogonales, qq soit phi
* qu’est ce qui justifie la séparation des variables ? elles sont indépendantes
* état libre vs particule libre. Quantification d’énergie ne vient pas que de conditions aux limites. Conditions à l’infini jouent aussi un rôle important : potentiel nul à l’infini, sinon non normalisable car infini. Conditions à l’infini sont aussi importantes qui conditions aux limites/cond de raccordement
* possible d’avoir une densité de probabilité infinie ?
* déterminer parité de la fonction d’onde à partir de la parité du potentiel ? NON -> une énergie donnée c’est soit une fonction d’onde paire, soit impaire mais pas les 2 !
* puits de potentiel fini : il existe toujours une solution, même pour un cercle (puits) très petit : c’est une solution paire
* L’analogue de l’onde évanescente ce n’est pas l’effet de peau ! Effet de peau : on induit des courants qui écrantent le champ, dissipation par effet joule, l’onde apporte vecteur de Poynting pour compenser, propagation dans le milieu. Vecteur de Poynting est normal. Ici il n’y a pas de phase, c’est réel. Le vrai analogue : 2 diélectriques avec un angle d’incidence avec angle supérieur à angle critique de réfraction, vecteur de poynting est parallèle à la surface, équation de helmholtz. Effet tunnel optique
* Couplage colossal entre symétrique et antisymétrique, figure pas à l’échelle : ne pas faire confiance au Dunod ! Ea est plus haut que E1infini et Es est bien plus bas.
* Puits constant par morceaux en 3D (ex : nanocristal semiconducteur II-VI, CdSe) : étude du pb en coordonnées sphériques, le moment cinétique est conservé (potentiel central) -> barrière centrifuge. Uniquement fonctions impaires -> il n’y a pas toujours une solution : explique instabilité de certains noyaux atomiques, plus d’état lié pour mettre un nucléon supplémentaire
* Façon historique de la quantification des niveaux d’énergie dans les systèmes liés : (plutôt que d’utiliser les inégalités d’Heisenberg) réintroduire la quantification de la variable d’action : portrait de phase (x,p) d’un électron se déplaçant à une vitesse fixe qq soit x (+/-p0), var d’action  -> n nb de cellule de volume \hbar que l’on peut loger dans le diag des phases

Aspect ondulatoire de la matière

* Expérience d’interférences avec atomes de Néon 1992 Shinigui (atomes froids envoyés sur bifente d’Young)
* Intensité est module au carré, pourquoi pas juste le carré ? s vibration lumineuse est complexe, mais ce n’est que la partie réelle de s dont on a besoin en optique, voir la vraie définition de l’énergie : vecteur de Poynting ExB/mu0. En complexe ça marche pcq on prend la valeur moyenne : Re(ExB\*)/2mu0 (onde plane E et B\* sont en phase, 2 champs couplés, pareil en acoustique pression et vitesse)
* Champ complexe est nécessaire, fonction d’onde doit être complexe car il contient toute la physique de l’état quantique -> eq de Schr est du 1er ordre % temps. Séparation des variables grâce à i dans Schro, Eq Schrodinger est complexe pour conserver la densité de probabilité dans le temps, il faut du complexe pour séparer les variables. En MQ, Re(psi) et Im(psi) couplés. Psi complexe car déterminisme donc 1er ordre. Schro est réversible alors que diffusion ne l’est pas.
* Paquet d’onde vérifie l’équation de Schrodinger par ppe de superposition, Schrödinger est linéaire
* Propagation du paquet d’onde : étalement par dispersion. On trouve  ??
* Onde secondaire, ppe d’Huyghens-Fresnel pour la matière ?
* Propagation dans le champ de pesanteur ? Richard Feynmann : mettre le lagrangien classique du pb dans la phase, pas le hamiltonien, même travail que Huyghens-Fresnel
* Approche de Schrodinger : part de l’eq de D’Alembert, cherche sol forme , trouve eq de Helmholtz  ; en optique , ici si k varie lentement, avec k de broglie :  ; ainsi on trouve Schrodinger

Modèles de l’atome

* Antiquité : Leucippe et Démocrite -> inseccable ; vs Aristote
* Thomson, Rutherford, Bohr
* matière est 1 onde : Bohr (moment cinétique électron quantifié) et De Broglie (fentes d’Young)
* lumière est 1 corpuscule : effet photoélectrique, diffusion Compton
* nb quantique principal : signification physique -> énergie
* Stern et Gerlach : faisceau d’atomes d’Ag déviés par chp magnétique non uniforme (F=grad(mu.B)), mais il faut un moment cinétique. Effet Zeeman : levée de dégénérescence (normal=impair, anormal=pair -> implique spin électrons non nul, anormal car électrons pas encore découverts à l’époque)
* savoir si effets quantiques sont observables : longueur d’onde de DB, la comparer aux dimensions
* limites du modèle de Bohr : atome de Rydberg (grand n (50-100), grands moments dipolaires et donc des interactions interatomiques très fortes -> intrication, exploité par Haroche, décohérence quantique)
* Pauli : fermions pas même état quantique, MQ et par conséquent chimie
* Sommerfeld : entre Bohr et MQ ; orbitale pas sphérique, peut être elliptique ; mais ne décrit pas fréquence d’émission spectrale et ce qui déclenche chgt de niveau
* Modèle de Bohr ne marche que pour l’hydrogène, faux car orbitales non sphériques ; autres atomes : électrons situés au même niveau d'énergie peuvent contenir des énergies différentes
* expliquer ppe du microscope à effet tunnel STM, 2 modes d’asservissement, ou spectrocopie (I(V) ou I(z) pour identifier matériau)

Électromagnétisme

conditions aux limites possibles :

conditions de Dirichlet : nulle aux bords

conditions périodiques

conditions de Fourier ?

ferroïque : possède un cycle d’hysteresis d’une propriété

ferromagnétique : B=f(H), M=f(H)

ferroélectrique : P=f(E) (certains perovskites, pas forcément ferreux)

…

Magnétisme

certains matériaux ont ptés magnétiques en-dessous de leur température de Curie (ordre magnétique)

Paramagnétisme : susceptibilité>0, 10-5 à 10-3, ne possede pas d’aimantation spontanée. Sous l’effet d’un chp magnétique ext, acquiert une aimantation dans la même sens

Ferromagnétisme : fer, cobalt, nickel... aimantation sous l’effet d’un chp et en gardent une partie

Ferromagnétiques durs : aimant permanent

Ferromagnétiques doux : pas de champ magnétique rémanant, peu de pertes quand B ou H varie

À la base des electroaimants, generateurs, transformateurs, memoires magnetiques (cassettes, disque dur)

Chp inverse à l’aimantation : antiferromagnétisme

Diamagnétisme : sus<0, sous l’effet d’un chp ext, acquiert une aimantation opposée très faible

Ferrimagnétisme : partiellement anti-parallèle, principalement parallèle

la force magnétique ne peut pas mettre une charge en mouvement mais juste la dévier (c’est comme la force de Coriolis)

chi\_m : dia <0 (très faible)

para >0 (très faible)

ferro >>1

B=mu\*H et M=chi\_m\*H

B=mu/chi\_m \* M

anti-ferro -> paramagnétique : température de Néel

ferro ou ferri -> paramagnétique : température de Curie

exp courants de Foucault stylé !

<https://youtu.be/6c6Fp2keZU8>

<https://youtu.be/TXOTzlELx0E$>

Ferromagnétisme

* + - * Domaines de Weiss : <https://youtu.be/nvPmpqVsLjU?t=307>

représente quoi ?

* + - * Paroi de Bloch : 0,1um
      * Domaine de Weiss : 100um
      * Ferro doux : Hc=1-100 A/m -> électroaimants, transformateurs
      * Ferro dur : Hc>1000 A/m -> aimants permanents
      * traiter la canalisation du champ dans la leçon (ferro doux), très important, th d’Ampère sur H
      * exp : mesure du cycle d’hysteresis
* Domaine de Weiss : compromis entre énergie volumique qui voudrait domaines les plutôt possibles et création de parois de Bloch qui coûte en énergie, s’organisent de façon à minimiser le coût énergétique
* matériau poly cristallin : défauts aux interfaces, agglomérats, orientations différentes
* mesure : méthode de Bitter : au microscope, saupoudrer la surface polie du matériau magnétique à observer, d'une fine poudre ferromagnétique -> se concentrent sur parois (champ de dispersion)

polarisation optique de la lumière réfléchie par l’échantillon, effet Kerr (magnéto-optique)

AFM avec pointe magnétique

ou rayon X, neutrons, TEM…

* effet Barkhausen, aspect irréversible des déplacements : impuretés dans mailles cristallines, parois rencontrent défauts, bloquent (s’accrocher) puis passent à une certaines valeur de H, rattrapent le front, propage rapidement, pas forcément pareil dans un sens ou l’autre -> hysteresis
* origine de l’énergie perdue : phénomènes d’induction, pertes par courant de Foucault, au moment où paroi décroche : pertes par effet Joule, vibration du cristal, émission de phonon
* mesure déplacement parois : haut-parleur, amplificateur, électroaimant, on entend un crépitement dus au déplacement brusque des parois (génère courant par induction dans le circuit, couplage inductif)
* conducteur ou isolant ? isolant pour réduire pertes Foucault, mais majorité : conducteur avec matériau feuilleté (avec Silicium pour augmenter résistivité)
* haute fréquence : cycle ont aire plus importante, il faut ajuster la fréquence pour ne pas mesurer parois décrochement
* néodyme, cérium, erbium, yttrium… : terres rares, on en fait des alliages, chp coercitif et chp rémanant très élevés
* ferro durs : aimants utilisés pour stockage info, cellule contenant 1 seul domaine de Weiss, on écrit dessus (saturation) -> correspond à codage en binaire, on utilise cycle d’hystéresis carré pour avoir un bon basculement
* isolant : app haute fréquence, matériau doux, on en fait des ferrites, ce sont plutôt des ferrimagnétiques (inverse, moment magnétique de direction opposée), couplage par interaction d’échange (anti-ferro)
* Aspects micro :

approx champ moyen…

T>Tc : 2 sol + 1 sol instable à Beff=0 car énergie libre a maximum local, les 2 sol correspondent aux minima. T<Tc : 1 sol à Beff=0, devient stable car énergie libre en cuvette

Induction

* petite exp : barreau aimanté dans bobine : création d’un courant, plus intense avec la vitesse et de signe dépendant du sens dans le lequel on l’insère
* induction : 2 points de vue : Newman (B variable) vs Lorentz (variation spatiale)
* passage de l’un à l’autre par changement de référentiel galiléen : ce n’est pas relativiste, jauge
* ARQS nécessaire (électrocinétique est tjr dans le cadre de l’ARQS, + construit à partir de Drude, mouvement des électrons)
* Faraday : au moment où il actionnait l’interrupteur, bougeait -> s’est rendu compte qu’il fallait faire varier le chp
* changer section bobine pour voir comment varier le déplacement, courant, nb de spires, matériau
* des lois de faraday différentes (forme locale vs intégrale ?)
* Convention d’algébrisation ! choix de dl impose signes de e et i
* transformateur : comment transformer une tension ?

2 bobines côte à côte

u1/u2=N2/N1 : coeff qui dépend du nb de spires de chaque bob

* sert à quoi un transfo ? transformation de tension EDF (adaptation d’impédance, isole galvanique entre 2 circuits)
* calculs : 2 inductances propres, 1 inductance mutuelle (auto-induction), résoudre système
* pb bobine plein de bobinage ? lourd - plus d’Em et force de Laplace s’oppose de la même qté que généré (loi de Lenz) (th de la conversion électromécanique)
* feuilletage d’un circuit magnétique pour réduire les pertes par courants de Foucault
* application à l’induction :
* chargeur sans fil
* puce RFID (radio identification, puce de silicium, cuivre ? encapsulation) : antenne et petit circuit électrique à une fréquence de résonance
* passif, sur emballage : anti-vol, sonne quand passe les barrières sortie (une émettrice, l’autre réceptrice, réponse à la fréquence de résonance du badge)
* semi-actif, + puce électronique : pass Navigo, télépéage, passeport biométrique, puce sous-cutanée dans certaines personnes (contiennent info d’identification, dossier médical, clés), animaux de compagnie chiens et chats pour reconnaissance et antécédants ; Paris : identification de 95000 arbres pour repérage et gestion de l’arrosage

(vidéo trop cool : <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/tech-rfid-4187/>)

* paiement sans contact ? NFC Near-Field Communication, extensions de RFID, protocole de sécurité
* généralisé ojd, mais gros pb de reçyclage !!!
* Induction au programme de PCSI ! mais tout le monde fait ça, leçon dangereuse devenue bateau
* mieux : faire champ électrique électromoteur
* Feynman : 2 types d’induction : 2 causes qui donnent le même effet : M-Faraday et Force de Lorentz. A la fin formule concaténée
* contextualisation : auto-induction
* haut-parleur : induction de façon détournée
* préfère choix du microphone
* induction dans microphone de guitare et de basse : induction mais pas ce n’est pas un aimant comme haut-parleur et autres micro, c’est juste des bobines
* Une tête de lecture de platine vinyle est aussi magnétique : pointe accrochée à poutre (cantilever), vibrations, sur lequel aimant permanent, bouge entre bobines (ou inversement), génère un courant variable, donc tension, puis amplifiée
* Applications des courants de Foucault : plaques chauffantes à induction, four à induction dans l’industrie métallurgique, freins de TGV et camions, séparateur à capsules (séparation capsules en aluminium et métaux non ferreux dans centres de tri de recyclage), contrôle non destructif

books : Dunod, Perez et BFR

Diffusion

diffusion des ondes EM (élastique vs inélastique) : onde-particule (Thomson, Compton), onde-matière (Rayleigh, Mie, Raman)

Diffusion Rayleigh

champ électrique incident sur une particule va déformer le nuage électronique des atomes, crée un dipôle électrostatique, rayonnement (les atomes réémettent réellement les ondes qu'ils reçoivent)

Molécules atmosphère : moyenne 2nm 🡪 diffusion Rayleigh, Mie, x^4, bleu plus diffusé

intervient aussi choix longueur d’onde de télécommunication (compétition entre Rayleigh et pertes IR)

Diffusion de Mie

particules plus grosses, asymétrie dans rayonnement

lait, brouillard, nuage (particules diamètre )

Électrocinétique

vitesse moyenne des électrons dans un circuit alternatif : env 10^-5m/s, dépend de courant et section fil (1mm^2 ?) (plutôt lent)

signaux électrique à la vitesse de la lumière dans le milieu car onde EM

électrons non

(en revanche dans un atome autour d’un noyau : v=c/100)

* éolienne : 3 pales, compromis entre réduction torsion au niveau axe du rotor et du moyeu (augmente contrainte mécanique et usure), et turbulences produites après passage de chaque pâle qui va gêner la suivante et donc réduire rendement global

Electronique de puissance : moteurs et transformateurs

Guerre des courants : continu (DC) (Edison) vs alternatif (AC) (Tesla)

fin années 1880

DC adapté aux lampes incandescentes et moteurs

régulation de la puissance demandée à l’aide d’accumulateur (réserve d’énergie)

Tesla développe système pour production, transport et utilisation du AC

également transformateurs de courant alternatif

AC = moins de pertes que DC, conversions efficaces, on peut fait du haute tension

pour une même P = faible intensité, haute tension -> les pertes Joule dans les câbles sont plus faibles

Pour une quantité donnée d'énergie électrique transportée, le diamètre du câble est inversement proportionnel à la tension utilisée

donc on utilise des tensions plus grandes, puis conversion vers plus faible (possible par les transformateurs)

Les lampes et les petits moteurs peuvent toujours être alimentés sous une tension raisonnablement faible. En pratique un plus petit nombre de grosses centrales électriques pouvaient desservir un secteur donné. Les gros consommateurs, tels que les moteurs industriels ou les convertisseurs alimentant les réseaux de chemin de fer, pouvaient se raccorder au même réseau de distribution que l'éclairage, au moyen de transformateurs délivrant la tension secondaire appropriée

transport de l'énergie sur une grande distance : facilité d'en modifier la tension au moyen d'un transformateur

Bordeaux : pas de caténaire, électricité dans les rails

MCC : vitesse de rotation et couple pratiquement indépendants de la charge (masse)

MCC ne sont cependant adaptés qu’aux faibles puissances : pour les puissances élevées, la structure compliquée du rotor, avec son collecteur et ses balais, les rend onéreux et implique des frottements qui limitent leur durée de vie

Démarreur voiture : MCC (avant c’était à la manivelle)

MCC du TP : rayon 1.56cm

Moteurs en courant alternatif

* moteurs des voitures électriques sont des moteurs triphasés : synchrone (Zoé) ou asynchrone (Tesla, la majeure partie)
* Première voiture électrique : la Jamais contente, 1898, plus de 100km/h, 1.5tonne
* attention au nombre de paires de pôles (2 paires => 25Hz=1500tours/min, courant)
* en TP/montage : on crée du triphasé car pas dispo aux oraux
* ne pas parler de puissance fournie par le secteur !! parler seulement de puissance absorbée par le stator
* chp magnétique tournant => variation du flux du champ magnétique à travers les bobines du rotor. Ces dernières se positionnent de façon à s’y opposer (loi de Lenz). Comme la direction du flux magnétique induit par les bobines du stator tourne sans cesse autour de l’axe du rotor, ce dernier tourne aussi.
* pertes : fer (Foucault), cuivre (joule), mécanique (frottements)
* Conception d’un moteur : rendement maximal est proportionnel à puissance nominale d’une manière générale
* Génératrice : rendement ~99%, puissance ~1GW

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Guerre_des_courants>

<https://couleur-science.eu/?d=39ae12--comment-fonctionne-un-disjoncteur-differentiel>

Courant alternatif : facile à transformer sans perte (transfo vs courant continu : pont diviseur), transport à haute tension pour diminuer pertes

Courant polyphasé :

* Triphasé : apporter plus de puissance, adapté pour moteurs (installations industrie), alternateurs ont un meilleur rendement, et encore moins de perte dans le transport. Puissance active instantanée constante. Pour une même puissance, on diminue I donc diminue effet Joule
* Hexaphasé : pour avoir un redressement du courant plus stable et une charge du réseau plus équilibrée. Intéressant dans les puissances très élevées, obtenu à partir du triphasé normal avec un transfo particulier

Moteur à courant continu :

<http://explobotique.org/ancien_site/tech_mot/tech_mccap.htm>

<https://www.youtube.com/watch?v=CWulQ1ZSE3c>

<https://www.youtube.com/watch?v=LAtPHANEfQo>

Fonctionnement d’un collecteur :

<https://www.youtube.com/watch?v=-qS85aIvleQ>

Moteur sans balais :

<https://www.youtube.com/watch?v=bCEiOnuODac>

<https://www.abcelectronique.com/annuaire/cours/>

<https://www.courstechpro.com/2019/02/moteur-synchrone30.html>

Optique

photoluminescence : fluorescence ou phosphorescence

fluorescence : pas d’état intermédiaire stable, désexcitation rapide

phosphorescence : temps long, état excité intermédiaire, dépend de température

rhodamine est fluorescent, sert de milieu amplificateur dans des laser

lampe halogène : sublimation tungstène, chauffe, vapeurs s’associent au gaz halogène, gaz absorbe et émet corps noire

Michelson

Mesure de l’épaisseur d’une lame de verre

L’idée est de mesurer l’épaisseur d'une lame de verre (lamelle de microscope par exemple).

Pour cela on peut procéder comme dans le poly de TPs. On se place au contact optique en lame d’air avec une lampe Quartz-Iode, on rajoute la lame de verre et on chariote jusqu’à retrouver le contact optique. La mesure de la distance parcourue à l’aide du vernier permet de remonter à l’épaisseur de la lame. On est ici limité par la précision du vernier.

Une autre méthode consiste à se placer en coin d’air au contact optique puis d’ajouter la lame. Si cette dernière n’est pas trop épaisse on observe alors un spectre cannelé (au spectromètre). On peut mesurer deux annulations successives (séparées de p autres) pour λ1 et λ2. On a alors : 2e(n-1)\*(1/λ1 -1/λ2 ) = δp, où e est l’épaisseur de la lame de verre.

La valeur de e est ici mesurable de manière plus précise que par la méthode précédente.

Un point important quand on fait cette manip (quelle que soit la méthode) est d’avoir des lames de microscope calibrées (sinon on ne peut pas vraiment conclure).

Diffraction

* Réseau : mesure spectrométrie : meilleure précision en mesure au minimum de déviation car on n’a qu’un angle à mesurer
* Loi des sinus : sin(thetar)-sin(thetai)=mlambda/d

Spectrométrie

* Spectromètre USB : fibre + réseau + barrette CCD (on y injecte de le lumière focalisée, fente d’entrée 50um 🡪 résolution 2,5nm ; petite fibre : 0,5nm) (attention condition de séparation des raies)
* Gonio + spectro ou prisme
* PVD
* Monochromateur + Photomultiplicateur

Monochromateur total : un illuminateur, une fente d’entrée, un miroir, un réseau (molette permet de le faire tourner (ressort) et sélectionner longueur d’onde qu’on veut), un autre miroir, une fente de sortie

Photomultiplicateur : photon arrive sur une photocathode, émission d’un électron (effet photoélectrique), accéléré vers des dynodes en cascade (génère un nouvel électron supplémentaire (électron secondaire) à chaque fois), puis anode les collecte tous. Se comporte comme un générateur de courant. Sensibilité augmente avec la tension d’alim (en V^n avec n environ le nb de dynodes). Mettre R=10kOhm et mesurer à ses bornes. Penser à mettre un filtre pour éviter fluc parasite. Filtre passe bas pour couper la fréquence de modulation 100Hz de la lumière

Laser

* applications : télémétrie (mesure distance terre-lune), gravure (objets, diamants), détection ondes gravitationnelle, refroidir atomes…
* laser à 2 niveaux n’existe pas car pas d’inversion de population possible
* L'intérêt majeur du système à 4 niveaux par rapport à celui à 3 niveaux est qu'il n'existe pas de seuil de pompage dans un 4 niveaux, contrairement à un 3 niveaux.

En gros, dans un 3 niveaux, il va falloir pomper suffisamment fort pour induire une inversion de population suffisante, qui est "détruite" lors de l'émission stimulée. L'inversion de population et l'émission stimulée sont en compétition directe.

Dans un 4 niveaux, ce n'est plus le cas, et le moindre apport d'énergie au milieu amplificateur provoque une inversion de population suffisante pour que le laser fonctionne.

Mécanique

vitesses cosmiques :

* première : vitesse de satellisation minimale, l’objet ne retombe pas sur Terre
* deuxième : vitesse de libération, au-delà l’objet prend une trajectoire hyperbolique

jour solaire : la même face de la Terre fait face au soleil

jour sidéral : face différente, la Terre tourne exactement de 2pi

jour stellaire : temps mis par la Terre pour effectuer une rotation de 2pi par rapport aux étoiles

Le jour stellaire diffère :

* du jour sidéral, intervalle entre deux passages consécutifs du point vernal au méridien, de 8,3 ms en raison de la précession des équinoxes ;
* du jour solaire, intervalle moyen entre deux passages consécutifs du Soleil au méridien, de 3 min 56 s en raison de la révolution de la Terre ;
* de la période de rotation mesurée dans le référentiel d'inertie local, à cause de l’entraînement relative de ce dernier par la rotation

Satellites artificiels :

* satellite géostationnaire à environ 36000 km d’altitude d’un point fixe, même période de rotation de la Terre : 23h56min (jour sidéral) ; dans le plan de l’équateur
* satellite héliosynchrone : passe au-dessus d'un point de la surface terrestre donné à la même heure solaire locale, orbite basse (200 à 1680km), période 90min en général (88 à 120) ; orbite utilisée par une grande partie des satellites qui effectuent des observations photographiques en lumière visible ;
* orbite de transfert géostationnaire : elliptique, manœuvre d'apogée ; périgée : basse altitude ; apogée 35786 km ; une propulsion pour adopter cette orbite, une autre pour en sortir et reprendre une orbite circulaire (le calcul de l’altitude se fait très bien avec troisième loi de Kepler)

Fusée/astronef :

* équation de Tsiolkovski, « équation fondamentale de l'astronautique », voir expérience de la barque
* ergol : type de substance utilisée dans un système propulsif à réaction

Gyroscope

stabilisation par moment cinétique embarqué : actionneurs gyroscopiques (ISS) ou roue d’action

chercher torque sur le net

app : toupie, stabilisation vol de frisbee et boomerang (besoin de traînée et portance aussi) …

Ref non galiléens

Pendule de Foucault : période de rotation du plan d’oscillation, env 30h à latitude de Paris

* imaginer au pôle Nord, comprend que plan d’oscillation tourne

Rotation uniforme autour d’un axe fixe : force, ex manèges en rotation, sol retiré, plaqué au mur par la force centrifuge -> vidéo film 400 coups

force fictive

Montrer que la force de Coriolis est là : tourniquet

exp illustrative : plateau tournant avec un jet d’eau, dévié anti-horaire alors que plateau sens horaire

application : accéléromètre, effet Coriolis (météorologie, dépression dans sens différents hémisphère nord (anti-horaire)/sud (horaire))

gravitation peut elle même être considérée comme force d’inertie

masse inerte = masse gravitationnelle ? prérequis, propriété pas nécessaire mais gênerait la relativité

ref géocentrique n’est pas en rotation, seulement translation

accéléromètre, gravimétrie : piézo, condensateurs, ressort

poids : caract non gal caché dans g

en vrai : Terre non sphérique, force centrifuge, chp de gravitation inhomogène …

Partir de la def du poids, comme ça on voit rôle de la force centrifuge

peut parler de marée dans leçon dynamique non gal -> phénomènes de courants, accumulation continent de plastique ; couche d’Ekman: viscosité et coriolis, écoulement, courant de surface avec vent sur la côte -> nutriments ramenés par-dessous sur le littoral, très bien pour écosystème, transport d’Ekman ; tâche rouge de Jupiter…

Référentiels

Héliocentrique (ou de Kepler) : centré soleil, pointe 3 étoiles suffisamment lointaines pour être considérées comme fixes (étoile polaire et Beta du Centaure par ex)

Copernic : centré sur cdm du syst solaire

Géocentrique : centré Terre, même axe, galiléen sur temps cours (attention rotation de la terre autour du soleil)

Terrestre : axes liés à la rotation de la Terre, galiléen sauf exp temps long (non negligeable % temps rotation Terre sur elle-même) ou grand distance (ex chute libre : déviation vers l’est). Notion de pesanteur : inclut la force d’inertie d’entraînement, néglige la force de Coriolis

Précession, appprox gyroscopique

retard sur l’équinoxe

électrion : gamma=-e/m\_e=-g.e/2m\_e

g : facteur de Landé

non nul pour le neutron et proton, ne sont pas particules élémentaires

Coriolis

sens de l’enroulement en spirale des masses d’air autour d’une dépression horaire dans l’hémisphère nord, anti-horaire hémisphère sud, (anticyclone inverse)

Coriolis négligeable dans baignoire (petite dimension)

chute d’un corps assez haut : déviation vers l’est

on lance un objet à la verticale vers le haut : dévié vers l’ouest

* on tire les fusées vers l’est à l’équateur pour bénificier de la rotation de la terre autour de l’axe sud-nord ds le sens ouest-est
* champ de pesanteur (terrestre, inclut fie, def du poids) =/ champ de gravitation
* point coïncidant : ds un chgt de ref, pt immobile dans R’. Sa vitesse absolue et accélération absolue sont celles d’entraînement
* la verticale d’un lieu ne passe pas par le centre de la terre (direction de g) (sauf equateur et pôles)
* g : intensité du champ de pesanteur, appelée aussi accélération due à la pesanteur (acc de la pesanteur = FAUX)
* marées océaniques : +53min chq jour (periode 1jour 53min)

Forces centrales

* 2nd vitesse cosmique : vitesse de libération pour échapper à l’attraction de l’astre, cas Terre = 11,2km/s, impossible à atteindre
* 1ère vitesse cosmique : vitesse de libération pour échapper à l’attraction = 7,91km/s, vitesse d’un satellite artificiel en orbite basse, vitesse du mvt circulaire (MCU) -> T=1h24min
* satelliste géostationnaire : altitude tq T=24h, h=r-Rt=36.000km, v=3,1km/s

Stockage d’énergie mécanique (et/ou régulation) :

* volant d’inertie (application aujourd’hui : stockage d’énergie renouvelable (en Champagne), roue de vélo lenticulaire en contre la montre (+lourd mais meilleure restitution))
* régulateur à boules

Bifurcations fourche :

* régulateur à boules
* pendule circulaire (masselotte se déplace sur un guide circulaire) avec guide qui tourne uniformément

Microphones

* à charbon (compression poudre -> R diminue) : avant, dans les combiné téléphoniques et radio, robustesse, peu sensible, plage fréquence limitée
* dynamique à bobine mobile : bobine accrochée à membrane mobile autour de aimant, produit courant variable, évite effet Larsen mais ne bouge pas rapidement (faibles variations est peu fidèle)
* à ruban : ruban mobile dans l’entrefer, marche comme bobine mobile, ancêtre, très fragile, sature, 1930
* magnetic pickup : bobine non mobile autour d’aimant sur un manche guitare électrique, basse, piano. Bouger une corde induit dans la bobine associée une force électromotrice proportionnelle à la vitesse de déplacement de la corde. Dans piano : lames métalliques. Cordes doivent être matériau magnétique
* électrostatique : condensateur : 1 armature fixe, 1 mobile (membrane du micro, recouverte mat conducteur), C varie, alimentation nécessaire, meilleure sensibilité que micro dynamique

variantes : électrostatique à électret : 1 armature a une charge permanente, mais charge diminue dans le temps, vieillit mal

* piézoélectrique, micro à cristaux : insensible aux vibrations de l’air, micro de contact (sur corde de guitare acoustique, contrebasse, violon, batterie pour synchroniser), convertit vibration en tension, couplage mécanique
* Fibre optique : détecte changement intensité lumineuse, diaphragme avec un angle, direction change… infrasons, medical (IRM) ,turbines industrielles…
* Laser : réflexion d’un laser sur une laser, on regarde ce qui est réfléchi, peut utiliser techniques interférométrie
* MEMS : surtout micro à condensateur

Relativité

* Dynamique du photon : pression de radiation et effet Compton
* Dynamique d’une particule massive : mvt d’une particule chargée, collisions particules
* applications : cyclotron, synchrotron,
* énergie au repos, énergie de masse, lié à la masse de la particule
* Diffusion Compton : photon envoyé sur un électron, électron et photon déviés

expérience décisive pour valider que le photon a un aspect corpusculaire, ne peut pas être expliqué en classique, besoin méca Q, Prix Nobel 1927

* theta=0 pas d’int, theta=pi rétrodiffusion
* pas possible dans le visible, il faut lambda de l’ordre du rayon de l’atome pour interagir avec ses électrons
* attention choix de la métrique ! Minkowskienne (ou Lorentzienne) : norme(x)>0 -> x orienté dans l’espace, =0 -> isotrope, <0 -> orienté dans le temps
* Cyclotron : mvt d’une particule chargée dans champ électrostatique, le plus gros accélérateur Canada v=3c/4
* Synchroton : mvt d’une particule chargée en faisant varier le champ magnétique, LHC 27km de rayon. Autres applications : synchrotron (rayons de courbure plus grand pour avoir plus de diffusion, rayons X = rayonnement synchrotron)
* application de la conservation de la conservation de la quadri-impulsion : réactions de fission nucléaire
* <http://youtu.be/AAFtKU0NW3Q?t=110>
* neutron sur U(235) : fission, réaction en chaîne
* les produits subissent une désintégration car ne sont pas dans la vallée de la stabilité (N,Z)

Thermodynamique

* Loi des GP forme météorologique :
* Diatherme : laisse passer la chaleur
* Théorie cinétique des gaz => loi des GP
* Théorie cinétique des gaz : le cas continu suffit ! ne pas se taper le cas continu en leçon mais savoir le calcul
* ne plus parler de chaleur, c’est le transfert thermique
* diagramme d’Amagat : PV=f(P), point de Boyle-Mariotte , GP : (intéressant : loi des états correspondants)
* diagramme de Clapeyron : P=f(V)
* diagramme de phase : P=f(T)
* diagramme TS : T=f(S)
* diagramme enthalpique (de Mollier) : H=f(S) ou P=f(H)
* évolution d’un système isolé entre 2 états d’éq se fait tjr avec augmentation d’entropie ; le nouvel état d’éq correspond au maximum d’entropie permis par les conditions imposées au système ; se comporte comme un potentiel dans l’étude de système isolé la fonction :   (néguentropie)
* un potentiel : analogue à la mécanique, lorsqu’on relâche une contrainte 1) syst évolue dans sens où Ep décroit, 2) nouvel état d’éq : min de Ep compatible avec contraintes restantes, 3) l’én pot perdue par le syst peut être récupérée sous forme cinétique ou dissipée par forces non conservatives -> transfert thermique, transfo rev/non rev, création d’entropie
* système rigide, T constant avec réservoir thermique (T, V, n constants) : ﻿état d’équilibre entre sous-systèmes minimise F externe ()
* P constant avec réservoir de travail et processus réversibles : ﻿état d’équilibre entre sous-systèmes minimise H ()
* P, T constants avec réservoir thermique et travail (T, P, n constants) : ﻿état d’équilibre entre sous-systèmes minimise G externe ()
* Baromètre : inventé par Torricelli, baromètre à tube de mercure, donne naissance à l’unité Torr (mm de Hg, pression d'un millimètre de mercure). Torricelli discret à cause de l’Inquisition, Pascal l’a reproduit… 1Torr=133,3Pa. 1atm=760Torr

Moteurs, machine thermique

* Combustion interne/combustion externe
* P,V parcouru dans le sens horaire
* Cycle de Carnot : 2 adiabatique + 2 isothermes, rendement optimal
* Cycle de Stirling : 2 isochores + 2 isothermes, combustion externe (utilisé au foyer d’un miroir parabolique pour générer électricité), même rendement théorique que Carnot s’il y a un régénérateur (3eme source, plus une machine ditherme, machine tritherme, à bien détailler en leçon)

TP : mesure volume au potentiomètre : pont diviseur de tension (Vmin=32cm^3, Vmax=44cm^3, remonter à la valeur du volume par proportionnalité) ; mesure pression au pressiomètre (incertitude 2%) ; mesure T au thermocouple K ;

pb : source froide chauffe dans ce montage

rendement exp ~1%, th 8%

augmenter rendement : ajouter un régénérateur, diminue pertes

* voiture : combustion interne ; rendement moteur diesel 42% (la compression déclenche la combustion), moteur essence 35% (il faut une étincelle pour déclencher la combustion, vient des bougies)
* fluide caloporteur : fluide transportant la chaleur entre plusieurs sources de température
* Éolipyle (1er siècle) : 1ère machine à vapeur (divertissement, jouet à l’époque) conçue par Héron d’Alexandrie, couple de forces (vap qui s’échappe par 2 tubes) qui font tourner la boule

Transition de phase

* 1er ordre vs 2nd ordre
* 1er ordre : SAUT D’ENTROPIE, calculer Cp, discontinuité des volumes et de l’entropie (présence d’une chaleur latente), coexistence 2 phases
* 2nd ordre : PAS DE SAUT D’ENTROPIE, continuité, pas coexistence 2 phases, pas chaleur latente de chgt d’état
* 1er ordre : chgt d’état des corps pur : fusion, évaporation (param de contrôle P ou T, param d’ordre masse volumique)
* 2nd ordre : transition ferro-para, transition cristaux liquides (écrans, téléphones), transition métal-supra
* Modèle de Landau : transition ferro-paramagnétique (param de contôle T, param d’ordre M), bifurcation, brisure de symétrie : l’aimantation est fixée dans une direction, pas dans l’autre, plus d’invariance par rotation des phases
* Modèle de VanDerWaals : chgt d’état L-V, états métastables, courbe spinodale…
* discuter entropie dans diag PT cas de l’eau, pente négative L-S
* He superfluide : diag PT atypique, pente L-S horizontal à très basse T

Thermométrie

La mesure de la température peut être fondée sur la dilatation et la pression des corps (solides, liquides ou gazeux), ou toute autre propriété physique (variations électriques dans le cas du thermocouple, couleur d'émission de lumière pour les hautes températures…) qui varie en fonction de la température. Ce principe général est mis en application de façons très diverses selon les besoins (plages de températures à mesurer, nature des matériaux à étudier…).

Depuis 2 millénaire, l’homme a développé différentes méthodes pour mesurer la température. Les grecs avaient déjà compris que le l’air change de volume suivant la température et l’ont mis en application dans une colonne d’eau. Ce n’est qu’au 17e siècle que le mot thermomètre fait son apparition avec un vraie mesure quantitative. Le 18eme siècle a vu naitre des échelles de température pour mettre des nombres derrière ces propriétés, avec des sortes d’unités, balbutiements : Newton, Fahrenheit, Réaumur, Celsius (échelle à l’envers du degré Celsius tel qu’on le connaît aujourd’hui). La commission des poids et mesures, créée par la Convention (ap Révolution Française et adoption du système métrique), décide en 1794 que « le degré thermométrique sera la centième partie de la distance entre le terme de la glace et celui de l’eau bouillante ».

* Thermomètre à mercure : Farenheit remplaça l’alcool par du mercure car mercure a un coefficient de dilatation thermique plus important que celui de l’alcool, qu'il est facile à nettoyer et plus visible, mais surtout que son point d’ébullition est très élevé. Cependant très toxique
* Thermomètre rouge : thermomètre à alcool (réservoir d’alcool, tube capillaire), air : azote
* Thermomètre de Galilée : flotteurs lestés différemment dans un tube à liquide qui se dilate
* Thermomètre à gaz : réservoir de gaz, si pression ambiante constante -> variation de V proportionnelle à celle de T ; ou V cst, tube capillaire vers manomètre pour mesurer P
* Limites générales : dépend de l’étalonnage et T mesurée égale à celle du milieu ambiant que s'il y a équilibre thermique entre le thermomètre et le milieu ambiant
* thermomètres du commerce : alliage ‘galinstan’ (gallium, indium, étain (Sn)) température de fusion est faible, remplace bien le mercure Hg
* thermistance : R change en fonction de T

2 types : CTP (Coefficient de Température Positif) quand R croit avec T et CTN quand T décroit avec T

Attention, toujours dans un domaine de température, notamment CTP

CTN à semi-conducteur : prendre une plage de T assez grande

* thermomètre à résistance de platine : 1 type de thermistance, résistance électrique du platine, norme précision 0.1°C, R croît avec T
* thermocouple : effet Seebeck, soudure chaude, soudure froide, 2 matériaux différents. Dans la collec : type K chromel/alumel

Thermopile : 2 thermocouples en série : fournissent une tension de sortie proportionnelle à une différence ou un gradient de température, sommée donc tension totale plus grande (utilisé dans thermomètre IR, lentille en plus)

* thermomètre infrarouge : utilisation du ppe du corps noir
* applications : cryogénie

Capacité thermique

* eau est un très bon fluide caloporteur : grand Cp, peut servir à stocker énergie thermique (chauffages) ou évacuer chaleur (centrale nucléaire)
* on parle en terme de nombre de degrés quadratiques

Constante de Boltzmann

* prog de MP : leçon qui introduit la phys statistique
* pas forcément le temps de parler de capacité thermique

Hydrodynamique

* Relation de Bernoulli
* Effet venturi : ex trompe à eau
* Advection (opérateur (V.grad))= Convection + Diffusion
* Flux laminaire : la forme de l’écoulement en un point fixé ne varie pas dans le temps, semble figé dans le référentiel du laboratoire. Expérience simple : ballon d’eau, 4 scotch pour former une petit carré libre, on perce -> obtention d’un flux laminaire car pression trop importante, trou petit. Turbulences après qq 10cm
* Traceur : colorant ou fumée pour gaz
* Bocal avec grille, mis à l’envers -> l’eau tient en équilibre, tension de surface
* Fluides non newtonien : le tenseur des contraintes visqueuses n'est pas une fonction linéaire du tenseur des taux de déformation

2 types :

rhéo-épaississant : est plus épais quand il est soumis à une contrainte forte (5%), ex : maizena (fécule de maïs), miel

rhéo-fluidifiant (95%) : de plus en plus fluide avec la vitesse, ex : polymères en solution, certaines émulsions, purée de fruits, moutarde, industrie alimentaire (yaoruts)

* sédiments de sable mouillé : pb à N corps
* air considéré comme incompressible jusqu’à Mach 0,3-0,4 (vitesse de l’objet/célérité du son dans l’air)
* fluide à seuil : solide à faible contrainte (liaisons entre molécules trop fortes), commence à couler à un certain seuil (liaisons rompues) (ex : mousse à raser, ketchup, dentifrice)
* mayonnaise : fluide à seuil, devient newtonien (comportement linéaire), appartient aux fluides de Bingham
* Coefficient de trainée d’une sphère : régime tourbillon (en soufflerie)

soufflerie : flux à peu près homogène juste en sortie, pas du tout après, dépend du temps

position de la balle est importante : elle monte

ne pas utiliser de pince flexible !!

fonctionnement anémomètre : fil chaud Tungstène, on envoie un courant à travers ce fil pour garder T constant, un thermomètre mesure T air, coefficient de conducto-convection connu, donc on remonte à vitesse air

fixer l’anémomètre

régime turbulent : Re~10^4

balle de golf, différence ? Cx légèrement plus élevé car rugosité (aspérités), si plus turbulent : réduction

* Cofficient de trainée : régime laminaire (étude au viscomètre)

facteur 2,1 ? vient du dvlpmt au premier ordre (calcul perturbatif) quand on prend en compte que la vitesse dépend de la dimension du cylindre qui n’est pas infiniment grand, recirculation

erreur sur la lecture de la hauteur de la bille : effet optique de la paroi en verre (épaisse), loi de Descartes

bille pas parfaitement sphérique ?

si bille lâchée sur le bord : v diminue

vitesse initiale de la bille annulée très rapidement avec viscosité, régime permanent vite atteint

ccl : 2 études de trainée en fct de vitesse du fluide : mise en perspective grâce aux 2 régimes en fonction de nb de Reynolds

* seuil d’instabilité de Taylor-Couette (nb de Reynolds très faible ici)

nombre de Taylor : compétition entre la force de viscosité et la force d’inertie d’entraînement

hypothèse d’incompressibilité

moteur MCC contrôlé en tension, relié à la vitesse de rotation du moteur. L’intensité est liée au couple produit par le moteur

comportement hystérétique montée/descente de vitesse : transition entre écoulement parallèle et non-parallèle

* Autres : cuve à ondes, tube de pitot (bernouilli), Poiseuille, mesure de portance d’une aile (foireux)
* mesurer masse balance, diamètre pied à coulisse (0,01 mm de précision)

Interface/capillarité

* Liq bulle : savon pour bulles, glycérine pour viscosité
* Mouillage : eau mouille le verre (étalement), pas le plastique (goutte, calotte sphérique)

Surface haute énergie : ordre eV, ts les liq s’étalent pratiquement, liaisons ioniques covalentes métalliques (qq 100-1000mN/m)

Surf basse energie : ordre de kT, peu mouillables, cristaux moléculaires, plastiques (qq 10mN/m)

Liquide s’étale complètement s’il est moins polarisable que le solide

* Pluie : chute de gouttes d’eau, grossissent au cours de la chute par coalescence (captation), jusqu’à taille limite au delà de laquelle deviennent instable vis a vis des déformations engendrées par force de traînée
* émulsions (solution contenant des microgoutelettes en suspension): nuages, brouillage, mayonnaire, crème, mousse (crème chantilly, bain moussant)…

utilisées comme micro-réacteur chimique ou biochimique, contrôler une cristallisation ou une réaction chimique

* ménisque eau dans verre : concave, eau monte dans capillaire
* ménisque mercure dans verre : convexe, mercure baisse dans le capillaire

plus la cohésion est grande, plus la tension de surface est grande

augmenter la surface -> renoncer à des liaisons entre molécules

trombone sur l’eau : l’eau augmente sa surface pour ne pas avoir à briser ses liaisons hydrogène

verre : lors du refroidissement viscosité trop grande ou température trop basse, cristallisation n’a pas le temps de se produire : état métastable, liquide surfondu, puis rigidité empêche mouvements (transition de phase 2nd ordre). Attention ce n’est pas un liquide figé, c’est un solide non-cristallin

mouillage : peut être modifier par electricité appliquée entre électrode, eau, huile et électrode, appliqué pour lentille à focale variable

amphiphile : une partie de la molécule aime l’eau, l’autre non

Liq bulle : savon pour bulles, glycérine pour viscosité

Mouillage : eau mouille le verre (étalement), pas le plastique (goutte, calotte sphérique)

Surface haute énergie : ordre eV, ts les liq s’étalent pratiquement, liaisons ioniques covalentes métalliques (qq 100-1000mN/m)

Surf basse en : ordre de kT, peu mouillables, cristaux moléculaires, plastiques (qq 10mN/m)

Liquide s’étale complètement s’il est moins polarisable que le solide

Pluie : chute de gouttes d’eau, grossissent au cours de la chute par coalescence (captation), jusqu’à taille limite au-delà de laquelle deviennent instable vis a vis des déformations engendrées par force de traînée

1. Expliquer le lien entre la tension de surface et les potentiels thermodynamiques.

2. Expliquer pourquoi le coefficient de tension de surface décroit avec la température.

cohésion diminue, nulle au point critique, sinon évaporation avant

3. Pourquoi la tension de surface n’est pas une force perpendiculaire à la surface ?

les molécules qui se trouvent à la limite de l’interface sont attirées par les autres, elles sont tirées

4. La longueur capillaire dépend assez peu des fluides. Pouvez-vous l’expliquer ?

l\_c liée à rho : cohésion et densité sont liées,

5. Comment caractériser le fait qu’un liquide s’étale plus ou moins bien sur un solide ? Qu’appelle-t-on le paramètre d’étalement ?

6. Pourquoi une serviette est-elle rêche après séchage ?

si pas agitation (essorage) : tension de surface colle les fibres entre elles (comme un pinceau sec non ébouriffé)

il reste du savon dessus, plusieurs causes possibles : trop de savon, eau trop dure, pas assez rincée

7. Existe-t-il une limite à l’ascension dans la loi de Jurin ? Existe-t-il un rapport avec la hauteur des arbres ?

oui env 10m, correspond à tube de rayon 1um, après la pression sous le ménisque deviendrait inférieure à la pression de vapeur saturante (2300Pa à 20°C), le liquide s’évaporerait (au-delà des 10m : de l’eau s’évapore des feuilles des cimes : il se forme alors un vide d’eau et une importante pression négative, jusqu’à −15 bar -> 150m de haut possible), (lien avec mangrove ?)

8. Pourquoi met-on du savon pour se laver les mains ?

décrocher les saletés, enfermer dans micelles, tension de surface de l’eau plus faible avec savon

9. Pourquoi l’angle d’avancé d’un ménisque est-il plus grand que l’angle de reculé ? Pouvez-vous en déduire une explication du fait qu’une goutte d’eau peu restée accrochée sur une vitre inclinée ?

gravité, gravité ne compense pas tension de surface du liquide

10. Pourquoi faut-il un sable un peu d’humidité, mais pas trop, pour faire de beaux châteaux de sable sur la plage ?

liquide entre grains de sable sert de « pont », proportion idéale : 1 à 2% d’eau % sable. Si trop d’eau, sable liquide. Si pas assez, pas de pont entre grains. Il faut maintenir une force capillaire supérieur au poids des grains. Il ne faut pas que l’eau circule entre les grains (compacité). Pression de Laplace : on peut calculer le profil du contact. Dépression pour retenir les grains de sable

adhésion capillaire : diamètre jonction comparable à taille des grains

* Rayleigh-Taylor :

une interface horizontale sépare deux fluides de densités différentes, le plus léger étant situé au-dessous

gravitationnellement instable

effets de tension superficielle, qui, eux, tendent à limiter les déformations de l’interface, pourront ramener cette dernière à l’équilibre

comparer Laplace et hydrostatique , ε la verticale

equa diff (supposer R(x) ≈ −1/(d2ε/dx2) car proche de l’équilibre, interface peu déformée)

si longueur inférieure à Lc=1,7cm (pour plus petite valeur de k + conservation quantité de fluide), on aurait des oscillations, mais on est pratiquement tjr au dessus, mode d’instabilité

cas des nuages champignon des explosions nucléaire ou éruption volcanique, nébuleuse du crabe

* Rayleigh Plateau : instabilité, surface ensemble de gouttes < surface cylindre -> il y a un gain en énergie en cassant le cylindre de robinet
* Tension de surface : masse volumique plus faible à l’interface, sur une épaisseur de quelques molécules, (transition continue), => moins répulsif en surface, donc force nette est attractive en surface, parallèle à la surface. N’existe que pour milieux non miscibles. Énergie nécessaire à créer l’interface

Pour boire un liquide avec une paille, il faut aspirer. Lorsque le diamètre de la paille est suffisamment faible, l'aspiration est inutile, car l'eau monte spontanément d'une hauteur inversement proportionnelle au diamètre de la paille. Ce phénomène surprenant résulte de la tension superficielle qui minimise la surface d'un liquide. Une molécule située à l'intérieur d'un liquide est liée à ses voisines par des forces à courte portée. Une molécule située à la surface du liquide est moins entourée, donc moins liée aux autres molécules : son énergie est supérieure. La création d'une interface requiert ainsi une énergie proportionnelle à l'aire de la surface obtenue. Le quotient énergie/surface est la tension superficielle.

Un liquide en contact avec une surface adopte spontanément la forme qui minimise la somme de son énergie de contact avec l'air et avec la surface. Ainsi, lorsque l'on plonge une lame de

Les phénomènes de tension superficielle ont pour effet de minimiser l’aire de l’interface, compte tenu des contraintes imposées par ailleurs au système (gravité, pression...). En particulier, en l’absence de gravité, une goutte prend une forme sphérique car celle-ci assure une surface minimale pour un volume donné.

* bulles de savon :

A l’intérieur d’un liquide, toutes les molécules constituant ce liquide sont en interaction. Elles s’attirent entre elles. L’attraction entre les molécules se compense à l’intérieur du liquide, par contre, les molécules qui sont à la surface ne peuvent réagir qu’avec leur voisines latérales ou inférieures. Il y a donc un déséquilibre entre les forces que subissent ces molécules.

 Les molécules situées à la surface compensent ce déséquilibre en créant des liaisons fortes entre elles. Ce phénomène est appelé la tension de surface ou tension superficielle et permet de rétablir une structure stable.

Le savon diminue la tension superficielle en empêchant les molécules d’eau de se regrouper. La tête hydrophile de l'ion carboxylate s’interpose entre les liaisons hydrogène des molécules d’eau. De plus, les têtes hydrophiles des ions carboxylates se repoussent mutuellement car elles sont chargées négativement. Cela assure la répartition des ions carboxylates sur toute la surface du liquide et donc une baisse générale de la tension de surface du liquide.

La tensioactivité du savon est donc due à la structure amphiphile des ions carboxylates car c’est leur structure amphiphile qui confère aux ions carboxylates leur affinité pour l’interface air/eau, puisque la queue hydrophobe ne doit pas être en contact avec l’eau.

Le savon nettoie donc par :

son pouvoir mouillant : en diminuant la tension superficielle de l’eau , le savon augmente les propriétés mouillantes du liquide et permet ainsi de mouiller le support à nettoyer.

son pouvoir émulsifiant : il fixe la saleté et la dissout dans l’eau. Les queues lipophiles adhèrent au support et aux saletés, ainsi les particules de saleté sont entourées par les ions du savon. Les têtes hydrophiles, chargées négativement, ont tendance à se repousser et ainsi à fragiliser les liaisons entre le support et les saletés. Les micelles se forment (ensemble tâche/molécules de tensioactif) et rendent ainsi les graisses et les salissures solubles dans l’eau (la partie périphérique de la micelle étant constituée des têtes hydrophiles).

son pouvoir moussant : la mousse formée par le mélange du savon avec l’eau est constituée de très petites bulles d’air emprisonnées entre une double couche de tensioactifs.

Grâce au pouvoir moussant, on peut déterminer la capacité d'un savon à laver, soit son pouvoir lavant. En effet, lorsqu'on mélange du savon avec de l'eau, de la mousse se forme, il y a alors plus de tensioactifs pouvant émulsionner une tâche. Donc plus il y a de la mousse, plus le savon est efficace

* Ondes de surface capillaires/de gravité, résulte de couplage entre les déformations de la surface et les écoulements en volume

la gravité qui s’oppose à la déviation de la surface par rapport à l’horizontale;

la tension superficielle qui s’oppose à la courbure de l’interface et tend à minimiser son aire

petit k (grande longueur d’onde): onde de gravité, c propto 1/sqrt(k)

grand k (longueur d’onde <lc) : onde capillaire, c propto sqrt(k)

compétition avec épaisseur : pour des ondes capillaires, il faut eau profonde

eau peu profonde : déferlement de vagues, vitesse de propagation plus grande à la crête qu’à sa base

* effet Marangoni, effet thermo-capillaire : tension de surface différente à un endroit de la surface, notamment à cause de la température ou tensio-actif. dépôt d’un peu de savon sur une fine couche d’eau horizontale : cette dernière se trouve asséchée car la tension superficielle diminue très fortement à cet endroit et tout le liquide est attiré vers les autres zones -> asséchement (application : wafer de Silicium) => déformation locale, peut entrainer un mouvement
* larmes de vin : en agitant initialement le verre, ce qui permet de laisser un film de liquide sur les parois au-dessus de la surface du liquide ; ascension du liquide du film, qui se rassemble à la partie supérieure de ce dernier en un bourrelet, puis l’apparition de gouttelettes, qui retombent régulièrement vers le bas après un certain temps. diminution de la tension superficielle d’une solution eau-alcool (le vin !) lorsque la concentration d’alcool augmente. L’évaporation de l’alcool contenu dans le film liquide fait augmenter sa tension superficielle et provoque l’ascension du fluide du film au-dessus de la surface libre
* Nucléation : défaut sur une surface qui permet l’initiation du démouillage par nucléation et croissance d’un contact sec, les molécules de gaz dissoutes se rassemblent, dissolution favorisée par tension de surface. Champagne : quand une bulle se forme, elle reste collée à la paroi du verre à causes de forces capillaires. Elle est soumise à ces forces qui la maintiennent contre cette paroi, jusqu’à ce que sa taille soit assez conséquente pour se “libérer".
* Aquaplanning : transition de mouillage sous cisaillement, plaque reste sèche jusqu’à une certaine vitesse
* Caléfaction : goutte d’eau posée sur une surface très chaude, reste sphérique, elle va être en suspension au-dessus de film de vapeur qui la soutient, puis s’évapore

Ondes sonores

* considérer fluides et matériaux
* Supers animations : <https://www.acs.psu.edu/drussell/Demos/waves-intro/waves-intro.html>

montre bien particules ne se déplace pas à la vitesse (célérité) de l’onde

* Leçon : faire Helmholtz, calcul Doppler ?
* Onde acoustique : besoin d’un milieu élastique, force de rappel -> pas besoin de gravité ni capillarité
* Pas de son dans le vide
* analogie optique/son : bcp de similitudes mais le son a besoin d’un support (milieu, fluide) pour se propager
* Doppler : si dépasse mur du son, déflagration ?
* Mirages sonores : quand sol chaud (été) le son s’élève par réfractions successives, quand sol froid (hiver) le son descend
* Effet du vent : mirage car le vent n’est pas le même au sol qu’en altitude. Si le son a la même sens que le vent, il est réfracté vers le bas. Si le son vient à contre-sens du vent, il est réfracté vers le haut ?
* Il n’y a pas de dispersion dans les ondes sonores, le son n’est pas déformé au cours de sa propagation, mais dans une salle : réverbération, on cherche à les atténuer en habillant les murs, ou mettre des pièges. Pour quantifier : on regarde le temps au bout duquel il est atténué. L’atténuation est permise par les collisions sur mur -> murs anti-bruit des autoroutes
* baleines et dauphin : communiquent et repèrent leurs proies par écholocation, ultrasons, à partir d’un organe appelé melon à l’avant de leur tête, ppalement composé de cire (cachalot chassés pour leur cire)
* tasse de café avec bulles : taper le fond avec une cuillère, le son devient de plus en plus aigu car le nombre de bulles diminue. La présence des bulles diminue fortement la célérité, quand diminuent la célérité revient à sa valeur (1400m/s dans l’eau, 340m/s dans l’air). La compressibilité à prendre en compte est celle des bulles
* Oreille humaine : notre localisation de la source de son est déterminée par différence de phase entre les 2 oreilles. Ne marche pas bien pour toutes les fréquences… Si on change la forme de nos oreilles, on n’est plus capables de bien localiser les sons, temporairement le temps de s’habituer.
* Oreille constituée d’un pavillon (partie externe), collection jusqu’au tympan, déplacement max est 0,1mm. Boîte cranienne intervient : on s’entend avec résonance du crâne. Derrière tympan : liquide -> rupture d’impédance (air/eau transmission mauvaise car impédances très différentes, par ex dans piscine on entend pas le son de dehors). Osselets transmettent le mouvement, écoulement fluide : cochlée détecte de très petits mouvements, système actif : poils, cils, en vibration, déplacement change la vibration. Différentes frequences à différents endroits. On petu mesure des déplacements de l’ordre du nm.
* cavitation : hélices, foils des bateaux -> la pression dans le fluide atteint localement la pression d’ébullition à T constant -> formation de bulles qui endommagent les hélices (la formation des bulles s’oppose instantanément aux conditions qui leur ont donné naissance -> implosion des bulles, onde de choc dans le liquide, peut éroder, briser des particules solides). Chaque hélice a un son propre, utilisé pour identifier des sous-marins/bateaux dans espionnage sous-marin militaire (film le chant des loups). C’est un enjeu important de diminuer ces effets de cavitation.
* échographie : ultrasons, on voit les variations d’indice dans les tissus. Un gel visqueux fait adaptation d’impédance entre émetteur/récepteur et corps car impédance acoustique de l’air est très faible % eau/os/tissus humains -> air réfléchit. US captés et émis par cristaux piézoélectriques
* médecine : ultrasons à forte intensité (lithotripteurs) : se propagent sans grande atténuation dans les tissus mous du corps humain, jusqu’à rencontrer un obstacle dur, fragmente les calculs rénaux
* lentilles acoustiques : formées de cire pour focaliser le son, surface bombée, application dans lithotripteurs
* miroirs acoustiques : utilisés par ornithologues pour écouter les oiseaux
* expérience sonnette dans une cloche à vide : une partie du son est transmise par table support, dans la cloche il y a rupture d’impédance : faible densité volumique des particules fluides donc impédance diminue, transportent moins d’énergie, vibrations affaiblies car air moins dense
* Diapason : émet que une direction, on le pose sur une table pour faire vibrer la table, c’est donc une adaptation d’impédance, le son est plus intense mais moins longtemps, dissipation, émission dipolaire (mode principal)
* Lobes d’émission d’un émetteur : monopolaire, bipolaire, quadripolaire…
* Guitare : n’exploite pas la caisse de résonance, pas intéressant car trop de fréquences différentes, c’est en fait la tablette/planche qui vibre
* résonateur de Helmholtz : une seul fréquence de résonance, la freq dépend du volume et des dimensions : boite analogue à capacité, goulot analogue à inductance : oscillation verticale de la colonne de gaz
* acoustique dans fluide : uniquement longitudinal
* acoustique dans solides : longitudinal (ondes P, primaire) et transversal (ondes S, secondaires)

Transport

* Convection, conduction, diffusion
* Diffusion (important dans la leçon nécessaire): ED avec dérivée première en temps, seconde en espace ; solution : gaussienne, uniquement si D>0 ; en analyse de Fourier ?

D<0 : on renverse le temps, nécessaire dans certains cas en hydro

phy stat hors eq : échelle mésoscopique, linéaire

* diffusion thermique : ce qui diffuse c’est l’énergie thermique ?
* diffusion d’impulsion, de qté de mvt : frottement fluide, mvt macro ?
* diffusion de matière : qté de matière diffuse, masse (mais en fait charge ou énergie)

loi de Fick : champ de vitesse des particules, Brownien, linéaire

cas loi de Fourier fausse : traitement des cancers par laser

* approx de l’équilibre local (dépend du gradient qu’on impose au système) : temps caract d’évol et échelle d’evol spatiale
* équilibre local faux : phénomène d’explosion par ex., onde de choc…
* fonction d’état, variable d’état : paramètres qui caractérisent l’état d’eq d’un syst, que pour un syst à l’eq thermodynamique (V,T,P..)
* volume de contrôle : volume qu’on prend pour évaluer la continuité
* faire résistance thermique, analogie avec résistance électrique, ne pas détailler physique microscopique/entropie, ne pas parler thermo
* en principe tout est réversible, mais sur des échelles de temps trop grandes pour être observées, donc en pratique irréversible
* Montage : Radiatif (CN + thermopile) / Diffusif (glycérol dans l’eau) / Conductif (barreau cuivre) / Convectif (qualitatif, mélange eau chaude, eau froide)
* Transport (hors radiatif) : gradient d’une quantité qui va être homogénéisé par le milieu
* énergie (transport via une onde), température, densité de particules
* résistance électrique et thermique : dans les 2 cas, électrons libres mis en jeu (lien entre les 2 à basse température dans métal : loi de Wiedemann-Franz)
* Diffusif : distance carac sqrt(Dt) (D coeff de diffusion)
* Conductif : il faut pouvoir changer la tension, attention valeur bof
* conduction/diffusion : conduction en régime permanent
* Autres manip possibles :

Qté de mvt : écoulement de Poiseuille

Strioscopie : mesure de convection

Mesure 4 fils sur cuivre ou platine chauffé pour R thermique/électrique

Différence conduction et convection :

* conduction : dans tous les milieux, convection : pas possible dans les solides
* convection : écoulement de la matière en vrac, conduction : matière vibre autour d'un point fixe
* système fermé : pas de perte de chaleur par convection, perte de chaleur par conduction

Corps noir

* application : temperature de couleur/colorimétrie, camera thermique
* étoile : corps noir ? T pas homogène, on voit Tsurface principalemt, ex : soleil (surface pas homogène) + des elts absorbent certaines longueur d’onde
* fond diffus cosmologique (CMB), rayonnement de planck : ce qu’on voit en fond de l’univers, à une distance c\*t\_univ. A partir de qd on peut définir une température dans l’univers ? une soupe qui interagit, à chq instant équilibre, donc il y a une température
* Théorème : il ne peut pas exister d’équilibre thermodynamique dans un univers en expansion. Mais de manière approximative, raisonnable, on a un truc pas loin de l’équilibre à chq instant
* phi=c/4 u : calcul
* trouver stefan sans planck :
* Bose-Eintein avec phy-stat : ensemble micro canonique ?
* Pour redémontrer Bose-Einstein sans phy stat: modes propres de la cavité : k, dvlp le potentiel vecteur A en Fourier, modes propres n’interagissent pas entre eux car Maxwell est linéaire, oscillateurs harmoniques, photon = un mode propre (calcul même pour phonon). Potentiel chimique nul car nb de photon, charge n’est pas conservé car n’interagissent pas
* Fondamentalement, le potentiel chimique sert à conserver la charge
* Capacité calorifique des solides : phonons
* Montage : thermopile, prendre en compte angle solide (diminue puissance qu’on reçoit), four pas CN parfait, parfait=noir car absorbe tout ce qu’il reçoit pour émettre tout le thermique. Essayer de fitter U en T^4, (ou faire log(U) et trouver qqch proche de 4, mais ne marche jms)

Ondes guidées

* ondes acoustiques, optiques, élec (cable coaxial)
* Cable coax vs banane :

banane bien à basse fréq

haute freq : mauvais, cable enroulé crée chp magnétique signal, rayonnement d’onde, chp pas confiné. Il faut alors utiliser coaxial

coax : traité comme un L et un C, à haute freq (jusqu’à GHz non dispersif, monomode ?)

plus haute freq : banane et coax ne servent plus à rien, utiliser cable qui ont juste une gaine, cylindre onde centimétrique, il n’y a plus de milieu dans la gaine. Les ondes EM se propagent dedans, il y a une freq minimale pour l’utiliser

plus on est à haute fréquence, plus la notion d’onde EM arrive

* acoustique : colonne d’air, pas en EM. Condition aux limites différentes en EM
* Piezo : on utilise autour de 40kHz, si très haute fréquence : lambda bcp plus petit que tuyau, quasiment propagation libre
* Guidage permet de canaliser énergie avec cavité dans une direction et propagation dans l’ordre
* Cavités classiques : cercle, rectangle
* Il existe propagation en 1/r^2, en 1/r
* Propagation 1D, propagation en 2D
* mode fondamental TM : onde plane dont l’amplitude ne dépend pas de z, n’existe pas dans guide d’onde rectangulaire. Mais il existe mode TEM : onde décroit en 1/r, chp suivant u\_r et u\_theta, pas constant
* soit équation sur champs transverses, cos sin

soit réflexion totale : traiter pb comme une onde plane à l’intérieur du guide d’onde qui se propage en se réfléchissant

* Guide d’onde : pas en programme de CPGE aujourd’hui, ref avant 2013

placer en niveau L3

faire conduction entre deux plans conducteurs parfaits, application en section rectangulaire,

mettre en évidence le fait que la relation de dispersion et la présence d’une fréquence de coupure sont dues aux conditions aux limites, puis parler d’impédance ? donner OdG

* Equation des télégraphistes = cable coax avec résistances

Résonance

* résonance en position vs vitesse
* Q : largeur relative du pic de résonance ou perte en énergie en régime libre
* meca, élec, Fabry-Perot
* amortisseur de voiture Q=1/sqrt(2) car on veut pas d’oscillation et on veut une atténuation -> amortissement critique, apériodique
* Diapason Q=10^3
* Quartz (montres) Q=10^6
* Formule FP e=m.lambda.2

aussi : formule de Bragg (miroir)

forçage paramétrique

physique du solide : ouverture des gaps

méca Q : particule dans puits de potentiel ?

* forçage paramétrique est pareil que FP
* pont de Tacoma : arrêter d’en parler, ce n’est pas résonance entre pont et tourbillons d’air, ce seont les effets dynamiques qui n’ont pas été pris en compte, dimensionné pour statique
* électrons élastiquement liés
* résonateur de Helmholtz

Conduction électrique solides

* antécédents qui ont permis de comprendre conduction électrique métaux : théorie cinétique des gaz (Maxwell & Boltzmann), découverte de l’électron par Thomson
* Modèle de Drude 1900 : électrons se comportent comme un gaz, champ électrique agit comme une force qui le déplace (électrons gaz classique)
* Modèles quantiques

Drude-Sommerfeld 1927 : énergie bandes avec traitement classique du champ électrique (qui varie très lentement à l’échelle du réseau), donc traitement semi-classique

Modèle des électrons presque libres (Bloch, Peierls 1930) : ouverture des gap par résonance électrons/réseau -> réflexion de Bragg

* indispensable de parler isolant/semiconducteur/métal
* ne pas négliger semiconducteurs !!
* donner dépendance en T du semiconducteur intrinsèque
* résistivité : requiert description locale, permet de classer les matériaux selon leur capacité à conduire
* ne pas oublier ordres de grandeur
* En-dessous d’une certaine taille : il faut considérer phase, résoudre eq de Schrödinger, néc pour miniaturisation
* , + pour électrons, - pour hole, pour pas de confusion toujours positif et changer signe dans loi de l’énergie
* Rappel : The light and heavy hole valence bands are formed as a consequence of the spin-orbit angular momentum interaction of the atomic states involved
* mesure du lpm : résistivité et vitesse
* mesure résistivité : montage à 4 pointes
* mesure mobilité : effet Hall, applique champ magnétique, résistance Hall transverse et résistance longitudinale -> ratio donne mobilité
* champ électrique E n’est pas tjr parallèle à densité de courant j, conductivité sigma est une matrice, dans le cas de l’effet Hall j et E sont inversés
* concentration dopage : 1/10^5 atomes, très faible mais change énormément propriétés
* en pratique, pureté d’un cristal dur à avoir, il est plus facile d’équilibrer impuretés p et n que de les annuler
* transistors d’aujourdhui : MOSFET, effet de champ : grille à un potentiel électrostatique pilote le gaz d’électrons, confinés en 2D
* Phonons : résistivité croissante avec T (limite à très bas T), linéaire -> suit loi de Planck (car boson), comme corps noir, nb de phonon/mode linéaire en T
* Drude ne permet pas de comprendre pkoi il y a des métaux et des isolants

**MONTAGES**

Montage : mesure des longueurs

* mesures télémétrie acoustique, épaisseur d’une lame de verre Michelson, distance entre plans réticulaires du graphite
* autres : télémétrie laser (ex : terre-lune), paralaxe (trigo), babinet…
* télémètre laser : précision d’1mm => delta t= 3ps. Mesurer très grande distance OK mais grande incertitude due à la mesure du temps. 10m => 30ns
* si on pouvait mettre plaque contre emetteur et récepteur : temps réponse électronique
* résistance en // (4kHz) du récepteur pour adaptation d’impédance (imp quartz élevé, 10MOhm)
* vitesse du son 343m/s dépend de température (0.6m/s/° ?)
* Michelson : source polychrom pour repérer ordre 0 (grde incertitude car limité par vernier), mais source monochrom pour précision (mesurer sur l’écran plus précis, interfrange)

-> méthode pas vraiment interférométrique

* Méthode interférométrique de mesure de longueur (forcément mono-lambda) :

Fabry-Pérot (voir longueurs d’onde interf constr/destr -> infos sur Delta(e))

Interféromètre de fizeau (Zygo) -> métrologie optique

Michelson anneaux (lame d’air) avec camera -> défilement des franges, mesure du déplacement du miroir sans regarder le vernier

Babinet

* Diffraction électronique graphite : (tache au centre : non dévié) (app en microscopes électroniques balayage, transmission, EELS)
* Davisson et Germer (Nobel 1937) : valide hyp de de Broglie, électron ondes
* autres méthodes pour nm : AFM, interf rayons X
* AFM : on peut voir les liaisons covalentes et hydrogène par exemple

Montage : ondes, propagation et conditions aux limites

* prop libre dans l’air, prop guidée dans un tube, prop guidée dans un câble coaxial
* onde = perturbation dans un milieu
* 2 types : propagatif et stationnaire (superp propagatives)
* récepteur : piézoélectrique : contraction => tension, mesurée à l’oscillo, matériau : quartz
* choix freq : proche de celle de résonance du capteur pour avoir le plus grd signal possible
* comparer la vitesse du son à celle tabulée associée à la température de la pièce !
* célérité proportionnelle à sqrt(T)
* train d’onde sans guide : vitesse de groupe = vitesse de phase car onde non dispersive
* train d’onde avec guide : dispersif, intérêt : mesurer vit de groupe pour différents modes
* guide d’onde peut-être monomode, comme fibre optique
* voir plusieurs modes : bouge un peu le récepteur
* Voir à quoi ressemblent les modes !
* modélisation cable coax : enchainement de LC en cascade

on peut mesurer : capacité linéique et inductance linéique (mettre un court-circuit en bout du cable coax)

* à quel moment on rencontre ces aspects de propagation (impédance) ? définition globale de l’impédance ?

connexion d’appareils, adaptation d’impédance (r=0, toute l’onde est transmise, toute l’énergie)

* intérêt cable coax : chgt de milieu => absorption, réflexion, transmission => il faut adapter l’impédance
* application importante de l’adaptation d’impédance : gel en échographie (rôle d’adaptation d’impédance)
* intérêt prop guidée/libre : guidée : fibre optiques, haut débit

libre : réseaux mobiles, pas de support, juste besoin d’une antenne

Montage : matériaux semicon

* Influence éclairement (absorption), Influence température, densité de charges : effet Hall
* Odg gap : de 0eV à 4eV, au-delà : isolant. Mais pas une distinction claire (il y a des manips semiconducteurs à 5eV)
* monochromateur : alimenté par illuminateur (halogène, envoie un faisceau parallèle de lumière blanche), réseau décompose lumière, jeu de miroirs…

on est sûr de cette longueur d’onde ? calibration. Vérification : filtre interférentiel, vérifier cohérence, précis à 2 nm près. On peut mettre lampe spectrale en entrée du monochromateur

moteur sur monochromateur : utile si acquisition d’un profil, on peut mesurer l’intensité avec une PD. Faire un intervalle pas trop grand

où prendre la longueur d’onde seuil sur une transmittance du GaP ? En dessous de gap : processus à 3 corps : photon, électron, trou. Comportement en racine au voisinage du gap. Mettre en échelle log, voir rupture de pente

Fente de sortie : sélectionner plage longueur d’onde étroite mais intensité suffisante (compromis). Fente d’entrée pour envoyer à l’infini, onde plane, faisceau parallèle obtenu avec miroirs concaves.

Les 2 fentes sont conjuguées. Éclairement optimal : mêmes fentes, sinon la plus grande limite résolution

GaP : phosphure de gallium.

* Influence de T

Mesure de T : ref à 25°C (Tamb), multiplié par 40muV/K. Principe du thermocouple

Attention aux boîtes noires qui donne direct la température

descente en T ? mieux pour hysteresis ? impuretés ? énergie d’activation 10meV, jouent aussi à Tamb (25meV)

faire suivi automatisé ! avoir une grande plage de données

mobilité des porteurs

Haute température/basse température : plateau extrinsèque bcp plus bas que Tamb. Augmentation du nb de porteurs. A quoi est du cette pente ? A basse T : défauts jouent un rôle, plus bas

* Densité de charges par effet Hall

dopé positif ? atomes qui a moins d’électrons que Ge (moins de valence)

effet Hall : électrons ont trajectoire courbe, dévié vers une phase, accumulation ? champ magnétique compense

lien avec force de Laplace ? champ magnétique qui travaille car chp électrique de Hall créé

champ résiduel dans l’électroaimant ? étalonner ? contrôlé en courant, pas tension car peut chauffer, paramètre extérieur change relation entre U et I (résistance)

* GaAs pour mesurer IR, mobilité par effet Hall, étude effet Hall fonction de T (chiant et redondant), temps de réponse photorésistance (ms) (attention temps de réponse PD : effets capacitifs), cellules PV (PN), push-pull, caractéristique d’une diode

Montage : couplage des oscillateurs

* élastique/capacitif vs inertiel/inductif
* oscillateurs de Newton : chocs élastiques, car amplitude conservée au cours du temps, mouvement pendant plusieurs minutes
* Couplage élastique de 2 pendules

moment d’inertie pas forcément pb linéaire

traiter en pendule pesant car on sait faire

il faut prendre en compte la masse de la barre, pareil pour mesure de g pesanteur par ex

mesure angle pendule : potentiomètre (résistance change avec angle)

choix masse et longueur ?

frottement ?

changer couplage au milieu

* Couplage inertiel de 2 oscillateurs LC

isoler les bobines

pertes bobines ?

faire au moins une mesure de l’inductance mutuelle avec 1 :(GBF,R,L), 2 :(L), mesure U\_L

* Chaînes d’oscillateurs LC : réponse à un échelon
* Ne pas faire de non-linéaire (résonance paramétrique)
* Modéliser un œil myope et le corriger : lentille=cristallin, plan focal=fond de l’œil

prendre focale pas trop grande (10cm) car longueur montage limité par 4f pour imager

prendre un masque F=objet (à l’infini dans l’idéal, dans un premier temps osef, un peu loin suffit)

myope= converge trop ou œil trop grand (normal=17mm)

corriger=lentille divergente

* meca : couple élastique simple, et élec : couplage inertiel simple
* couplage des oscillateurs de Helmholtz mais n’apporte pas grand-chose, bof quantitatif

Montage : acoustique

* onde acoustique : onde mécanique dû à surpression du milieu qui se propage de proche en proche, longitudinal
* Diapason

freq mécanique

fonction de transfert : numérateur constant dépend de tout le montage, 2nd ordre, passe-bande, mode de vibration symétrique

fixer diapason : serre-joint

électret (élément transducteur de certains microphones, membrane) : dipole électrique, état de polarisation quasi-permanent (à 1 armature du condensateur), appel de charges pour compenser déplacement (existence charge électrique d’espace ou ferro à pola rémanente ; souvent des polymères synthétiques, ex : polyester, Teflon)

boite : caisse de résonance, amplifier le son, adaptation d’impédance, envoyer tous les ondes dans la même direction

attention GBF bleu pas aussi précis que les chiffres qu’il affiche, prendre les GBF les plus récents

retourné, bout dans l’eau : décroissance très rapide

* Propagation d’onde sonore

piezoélectrique : silice cristallisé, une contrainte implique un différence de potentiel

param vitesse du son : température, humidité

, prop à sqrt(T)

plus important hygrométrie ou température ? hygrométrie : \rho et \khi\_S varie inversement proportionnel

c varie de 0.6m/s tous les °C

se placer en opposition de phase pour gagner en précision

* Doppler : émetteur ou récepteur bouge ? pareil l’un ou l’autre ? non pcq chgt référentiel, relativiste, (1-v/c) vs 1/(1-v/c), A VERIFIER

détection synchrone : on veut extraire

gamme de mesure fixée par synchrone

sensibilité ? on peut mesurer nptq vitesse ?

* Exploiter : diffraction acousto-optique -> vitesse du son dans l’eau ; résonateur de Helmholtz
* Mesurer impédance de sortie d’un GBF : modèle thevenin (GBF idéal+R)

brancher une résistance 50Ohm, mesurer à l’ohmmetre ?