

Préparation à l'agrégation de Sciences-Physiques ENS Physique

Expériences pour les leçons

Dans le but d'inciter à montrer les phénomènes qu'on expose dans la leçon de physique, à faire quelques observations qualitatives se rapportant à ces phénomènes, à illustrer une application, etc. nous avons rassemblé dans la liste ci-dessous diverses suggestions d'expériences. En particulier, on y signale quelques dispositifs présents dans la collection (et les numéros de notices associées quand il y a lieu) mais pas nécessairement utilisés dans les TPs ou montages (par exemple parce qu'ils ne permettent pas de faire de mesures).

Le choix de la ou des manipulations qui seront éventuellement montrées dépend bien sûr du contenu qui sera présenté. **Il ne s'agit donc en aucun cas d'expériences qu'il "faut" faire.** De même, **cette liste n'est évidemment pas exhaustive** et demeure très incomplète ; vous êtes invités à l'enrichir par vos suggestions.

Attention : les expériences listées ci-dessous ne partent pas **par défaut** à Saint-Maur. Il faudra donc le préciser à Éric si vous la souhaitez.

1. Contact entre deux solides. Frottement.

- Bloc en dural reposant successivement sur deux de ses faces (de surfaces différentes) et tiré avec une corde reliée à un dynamomètre,
- Bloc glissant sur un plan incliné (varier m à S constant, ou S à m constant) (N 7).
- Grande règle reposant sur deux doigts que l'on rapproche (Fleury-Matthieu, Mécanique Physique, Eyrolles, p. 223, et S. Olivier, Physique Spé, Tech-Doc, p. 220)
- Mesure du coefficient de frottement bois-bois (N 203)

2. Gravitation

3. Caractère non galiléen du référentiel terrestre

- Cuve tournante avec jet d'eau (N 606) (force de Coriolis)
- Cuve tournante (N 606) (force centrifuge)

4. Précession dans les domaines macroscopique et microscopique

- Roue de vélo (N 16)
- Toupies de même masse mais de moments d'inertie différents
- Gyroscope déséquilibré (mouvement de précession sans nutation) (N 34)

5. Lois de conservation en dynamique

- Choc a une dimension entre deux billes
- Table à coussins d'air avec mobiles entourés d'aimants (interaction à distance, N 412)

6. Cinématique relativiste

7. Dynamique relativiste

8. Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux.

- Bille tombant dans un tube rempli de glycérine : loi de Stokes (N 196)
- Visualisation des trajectoires de particules fluides suivant les régimes (N 525)
- Écoulement de Poiseuille (mesure de la perte de charge) (N 611)
- Mesure de traînée (N 476)

9. Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide

- Tube de Pitot (N 295)
- Balle de ping-pong placée dans un jet d'air relié à un entonnoir (effet Venturi)
- Trompe à eau (N 610)
- Vidange d'un réservoir (formule de Torricelli)
- Tubes de Venturi (N 299)

- Tourniquet hydraulique
- 10. **Phénomènes interfaciaux impliquant des fluides**
 - cf TP capillarité.
- 11. **Gaz réels, gaz parfaits.**
 - Simulateur mécanique de pression (N 45) et courbe sur CD
- 12. **Premier principe de la thermodynamique**
 - Expérience historique de Joule (étude quantitative de la conversion travail/chaleur) (N 175)
- 13. **Évolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé**
 - Point triple de l'azote
 - Point critique liquide-gaz (cellule Leybold) (N 432)
 - Cellule pour l'étude de SF6 (N 131)
 - Maquette 3D montrant les domaines solide-liquide-vapeur
 - Tracé de la température en fonction du temps lors d'une fusion (glaçons) ou d'une solidification (étain, plomb).
- 14. **Application des deux premiers principes de la thermodynamique au fonctionnement des machines thermiques.**
 - Moteur de Stirling (N 12)
 - Cellule à effet Peltier (N 523)
- 15. **Transitions de phase.**
 - cf. Évolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé
- 16. **Étude statistique d'un système en contact avec un thermostat. Probabilité canonique.**
 - Machine de Boltzmann (N 44) et courbe sur CD
- 17. **Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir.**
 - Détection du rayonnement thermique émis par un corps (main, ballon rempli d'eau chaude) avec une thermopile ; interposer une plaque de verre pour montrer l'opacité du verre dans l'IR lointain (cf. effet de serre)
 - Expérience sur le corps noir avec le four (loi de Stefan) (N 566)
- 18. **Phénomènes de transport**
 - Expérience montrant la conduction dans deux tiges de conductivités différentes (N 617)
 - Diffusion du glycérol dans l'eau (on visualise le gradient d'indice qui apparaît par la déviation d'un faisceau laser) (N 569)
 - Diffusion de charges électriques (20 blocs R-C en série) -référence BUP 944 (mai 2012) p525-547-
 - Expérience sur la conductivité thermique du cuivre
- 19. **Bilans thermiques : flux conductifs, convectifs, et radiatifs**
 - cf leçon Phénomènes de transport
 - ampoule électrique avec alternostat pour montrer avec une fibre optique l'évolution du spectre lorsqu'on change la température du filament.
- 20. **Conversion de puissance électromécanique**
 - Expériences avec haut-parleurs : résonance d'une membrane de haut-parleur avec/sans masse supplémentaire. . .

- Principe du moteur à courant continu
 - Moteur asynchrone "didactique" (avec la cage d'écuriel) : génération d'un champ magnétique tournant (N 8)
21. **Induction électromagnétique**
- Expérience de mise en évidence avec un aimant et une bobine reliée à un oscilloscope à mémoire
 - Chute d'un aimant dans un tube de cuivre (N 331)
 - Dynamo démontable et dynamo câblée
 - Pendule amorti par courants de Foucault (ENSP 3836)
 - Mise en évidence de l'énergie emmagasinée dans une bobine (Quaranta)
 - Rail de Laplace
22. **Rétroaction et oscillations**
- cf TP électronique
23. **Traitement d'un signal électrique. Étude spectrale.**
- cf TP électronique
 - Asservissement de température (N 205) (la partie tout ou rien)
 - Expérience avec un Soxhlet
24. **Ondes progressives, ondes stationnaires**
- Impulsion le long d'une longue corde ou d'un long ressort
 - Ondes à la surface de l'eau (cuve à ondes) (N 614)
 - Ondes sonores/ultrasonores (N 436) : montrer la variation du déphasage lorsqu'on éloigne le récepteur, ondes stationnaires, etc... (pédagogiquement, les ondes sonores sont plus intéressantes mais ces expériences fonctionnent mieux avec les ultrasons car on est moins gêné par les réflexions parasites)
 - Corde de Melde avec vibreur (N 470)
25. **Ondes acoustiques**
- Ondes sonores/ultrasonores (N 436)
 - Vitesse du son dans l'air et dans l'eau (N 243)
26. **Propagation avec dispersion**
- Dispersion de la lumière par un prisme
 - Ondes à la surface de l'eau (N 614)
 - Expérience sur la vitesse de phase et la vitesse de groupe – référence BUP 530 (décembre 1970)- réalisée sur la cellule de réseaux L, C (Chaîne d'oscillateurs, N 40). Cette expérience est à tester.
27. **Propagation guidée des ondes.**
- Ultrasons dans un tuyau cylindrique
 - Ondes centimétriques (N 311)
 - Fibre optique
28. **Onde électromagnétique dans les milieux diélectriques**
- Dispersion par un prisme
 - Absorption de la rhodamine dans le visible
 - Absorption des micro-ondes par l'eau. L'eau est disposée dans une petite cuve rectangulaire. On montre que l'onde n'est ni transmise ni réfléchi (opérer avec le générateur portable (N 419))

29. **Onde électromagnétique dans les milieux conducteurs**
 – Ondes cm sur un plan métallique, une feuille de papier d'aluminium
30. **Rayonnement dipolaire électrique**
 – Polarisation et couleur de la lumière diffusée à 90° et transmise par une solution de lait en poudre
31. **Présentation de l'optique géométrique à l'aide du principe de Fermat.**
 – Déviation d'un rayon dans un milieu d'indice variable : diffusion du glycérol dans l'eau (on visualise le gradient d'indice qui apparaît par la déviation d'un faisceau laser) (N 569)
 – Créer un gradient de concentration en versant délicatement à l'aide d'un entonnoir une solution saturée de sucre ou de sel au fond d'une cuve d'eau pure
 – Fibre optique
 – Barreau de plexiglas éclairé par un laser en incidence non normale.
32. **Microscopies optiques.**
 – Caméra CCD filmant l'image fournie par un microscope (N 564)
 – Mesure du grossissement commercial d'un microscope
 – Diaphragmes de champ et d'ouverture, aberrations
 – Diffraction et pouvoir séparateur
33. **Interférences à deux ondes en optique.**
 – cf TP interférences
34. **Interférométrie à division d'amplitude.**
 – cf TP interférences
 – Interféromètre de Michelson + lame de faible épaisseur
 – Cavity confocale Fabry-Pérot (elle appartient au dispositif pour la spectroscopie hyperfine du Rubidium (N 59))
35. **Diffraction de Fraunhofer.**
 – cf TP diffraction
36. **Diffraction par des structures périodiques.**
 – Réseaux (visible, ondes centimétriques, ondes capillaires)
 – Diffraction d'un faisceau laser en incidence rasante par les traits d'un réglet métallique
 – NPP – Diffraction d'un CD
 – Diffraction par les pixels d'une barrette CCD
 – Diffraction par un réseau de phase avec la cuve à ultrason (cf TP ondes)
 – Tube permettant de montrer la diffraction des électrons dans le graphite (N 304)
37. **Absorption et émission de la lumière**
 – Si on veut mettre en évidence la grande cohérence temporelle d'un laser, utiliser le Michelson « de poche ».
 – Ampoule de sodium éclairée par une lampe à vapeur de sodium (résonance optique) ou à vapeur de mercure (rien).
 – Absorption par une solution colorée.
 – Absorption et fluorescence de la rhodamine.
38. **Aspects corpusculaires du rayonnement. Notion de photon.**

- Expérience de Hertz (plaque de zinc fraîchement décapée, posée sur un électroscope chargé négativement ; en éclairant par une source UV, l'électroscope se décharge ; la décharge s'interrompt si on interpose une plaque d'altuglas). Cela montre que l'énergie d'un photon dépend de sa longueur d'onde, et que trois photons rouges ne sont pas égaux à un photon ultraviolet ! Cette expérience est délicate.
 - NPP – Expérience rapide avec la cellule photoélectrique utilisée pour la mesure de h/e (seuil à 735 nm). La cellule est éclairée avec une DEL visible rouge puis une DEL IR (850 nm). Relier la cellule à un voltmètre ordinaire, plus simple à mettre en oeuvre qu'un voltmètre électrostatique pour une expérience qualitative, attention à la lumière parasite. Comparer à la réponse d'une photodiode usuelle.
 - On peut penser au radiomètre de Crookes mais en réalité, il ne met pas en évidence l'aspect corpusculaire. En effet, l'ampoule n'est pas vide, et le radiomètre tourne dans le sens inverse à celui qu'imposerait le transfert de quantité de mouvement des photons.
39. **Aspects ondulatoires de la matière. Notion de fonction d'onde.**
- Tube permettant de montrer la diffraction des électrons dans le graphite (N 304)
40. **Confinement d'une particule et quantification de l'énergie.**
- Spectre de raies (par exemple série de Balmer de l'hydrogène atomique)
 - Spectre d'absorption d'un semi-conducteur : existence d'une bande interdite.
41. **Effet tunnel.**
- Prismes de paraffine légèrement séparés avec ondes centimétriques
42. **Fusion, fission.**
43. **Evolution temporelle d'un système quantique à deux niveaux.**
44. **Capacités thermiques : description, interprétations microscopiques.**
- Calorimétrie, mélange de deux volumes d'eau à des températures différentes
 - Quantité d'azote liquide vaporisé lorsqu'on y introduit une masse de plomb
45. **Paramagnétisme, ferromagnétisme : approximation du champ moyen.**
- Clou chauffé par un bec Mecker et attirant un aimant (ou pas)
 - Force ou moment subi par un barreau paramagnétique dans un gradient de champ magnétique (électroaimant).
 - Paramagnétisme de l'oxygène
 - Effet Barkhausen (ENSP 2835)
 - Paramagnétisme de FeCl_3
46. **Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques.**
- Visualisation des lignes de champ dans différents entrefers et illustration de la notion de perméabilité (ENSP 2290-JT2)
 - Cycle d'hystérésis
 - Electroaimant
 - Expériences sur le transformateur (cf TP)
47. **Mécanismes de la conduction électrique dans les solides.**
- Résistance de fils d'un même matériau et de différentes sections et longueurs.
 - Barreau pour mesurer l'effet Hall dans un matériau semi-conducteur (en déduire le signe des porteurs) (N 535)
 - Mesurer B avec un teslamètre à effet Hall (N 468)

48. Phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique.

- Circuit RLC
- Oscillateur mécanique (N 236)
- Résonance optique (lampe au sodium fraîchement éteinte, éclairée par une autre lampe au sodium puis par une lampe au mercure)
- Résonateur de Helmholtz (N 83)
- Corde de Melde

49. Oscillateurs ; portraits de phase et non-linéarités.

- Période d'un pendule simple en fonction de son amplitude
- Elastica pour étude du ralentissement critique (N 20)
- Oscillateur de Van der Pol (N 586)
- Pendule conique (N 10)
- Oscillateur paramétrique