

Liste des montages

Sadek Al-Jibouri et al.

9 juin 2022

Envoyez moi un message/mail si j'ai oublié de mettre à jour depuis longtemps.

Bibliographie

✦ *Le nom du livre, l'auteur*¹

→ Expliciter si besoin l'intérêt du livre dans la leçon et pour quelles parties il est utile.

Dernière MAJ le 09/06/2022 à 04h45

Table des matières

1	Illustration de quelques lois de la dynamique newtonienne	3
2	Dynamique du solide en rotation	4
3	Référentiels non Galiléens	6
4	Mesure de longueurs	6
5	Mesure de vitesses	7
6	Mesure d'accélération	8
7	Frottements	9
8	Tension superficielle	10
9	Viscosité	10
10	Caractérisation d'un écoulement	11
11	Ondes dans les liquides	12
12	Mesure de pressions	12
13	Mesure de températures	13
14	Transitions de phase	14
15	Transferts thermiques	15
16	Phénomènes de transport	15
17	Rayonnement thermique	16
18	Instruments d'optique	17
19	Interférences lumineuses	17
20	Diffraction des ondes lumineuses – Filtrage	18
21	Acquisition et analyse d'image	19

22 Spectrométrie optique	20
23 Interférences à ondes multiples	21
24 Émission et absorption de la lumière	21
25 Photorécepteurs	22
26 Biréfringence, pouvoir rotatoire	22
27 Polarisation des ondes électromagnétiques	23
28 Production de champs magnétiques	24
29 Mesure de champs magnétiques	24
30 Milieux magnétiques	25
31 Métaux	26
32 Matériaux semi-conducteurs	26
33 Mesure de capacités	27
34 Capteurs à effets capacitifs	28
35 Mesure de coefficients d'induction	28
36 Phénomènes d'induction - applications	29
37 Conversion électromécanique	29
38 Machine à courant continu	30
39	30
40 Production et conversion d'énergie électrique	30
41 Transducteurs	31
42 Amplification de signaux	31
43 Mise en forme, transport et détection de l'information	32
44 Signal et bruit	33
45 Numérisation du signal	33
46 Mesures physiques par analyse d'image	34
47 Microcontrôleurs : applications et limites	34
48 Détection synchrone	34
49 Systèmes bouclés	35
50 Instabilités	36
51 Phénomènes non-linéaires	36
52 Ondes : propagation et conditions aux limites	37
53 Propagation guidée	38
54 Ondes acoustiques	39

55 Haut-parleur	39
56 Résonances	40
57 Modes propres	41
58 Oscillateurs couplés	41
59 Régimes transitoires	42
60 Mesures par opposition (ou mesure à l'équilibre)	42
61 Perturbation par la mesure	43
62 Mesure de rendement	44

1 Illustration de quelques lois de la dynamique newtonienne

Important

La leçon s'articule sur les trois lois de Newton, dans l'ordre, avec les mobiles autoporteurs pour faire la première loi avec un système non ponctuel
 Puis on fait la seconde loi avec un chute libre (champ de pesanteur constant) et avec la loi des aires (plus qualitatif puisque ça marche pas)
 Enfin on peut vérifier la troisième loi sur le cas de l'aimant sur la balance

Mobiles autoporteurs sur coussin d'air

⚡ Duffait p.211 ; Divers p 5



Prépa Peser les mobiles (avec leur incertitude), on peut alourdir l'un des deux avec une bague supplémentaire. Fixer les bagues ressort sur chacun des mobiles. Bien régler l'horizontalité avec un niveau. Prendre une feuille vierge. S'entraîner à lancer les mobiles, au pire se garder une feuille bien faite de côté si on n'arrive pas le refaire en live...

Live Faire en sorte que le choc ait lieu au centre de la feuille et que les mobiles ne reviennent pas sur leurs pas : l'un doit aller toujours de gauche à droite et l'autre toujours de droite à gauche ! Exploiter sur imageJ ou LatisPro (cf. petit récap à la fin) et accéder à la trajectoire de barycentre, ainsi qu'aux énergies cinétiques mises en jeu.

Vérifier deux choses :

- La trajectoire du barycentre est bien rectiligne uniforme. Pour vèla, on peut tracer y en fonction de x , mais surtout $x(t)$ et $y(t)$ et vérifier que ce sont bien deux droites par régression affine. Les coefficients nous importent peu.
- L'énergie est bien conservée, tracer en fonction du temps les énergies cinétiques des deux mobiles et totale.

Pendule pesant et non-linéarité (Sadek)

⚡ FLTCLD p.478 ; Divers p 7

⌚ 10 à 15 min

Demander 2 ordinateurs avec Latis ? Pour pouvoir faire les mesures en même temps ? Ou ne pas faire la manip en premier pour le MP2 ?

On veut dans un premier temps se placer dans le cas linéaire puis non linéaire (Formule de Borda et enrichissement fréquentielle).

En préparation : On étalonne le capteur en faisant des angles entre -60 et 60° , utiliser une barre horizontale montée sur un statif pour tenir le pendule quand on fixe l'angle.

Aux petits angles :

Préparation : On mesure la fréquence des oscillations pour différentes longueurs L (Distance axe - masse) pour

réaliser la régression linéaire en fonction de L^2

$$\frac{MgL}{\omega_0^2} = ML^2 + J_0 \quad (1)$$

Live : On ajoute un point à une longueur de plus et on remarque une belle droite. Le coefficient de la droite devrait bien correspondre à la masse utilisée et J_0 est de l'ordre de $2,5 \text{ g/m}^2$

Aux grands angles :

Préparation : Préparer les feuilles de calcul Latis et Regressi et faire un ou plusieurs tests des manip Live.

Live : On réalise une longue acquisition pour de grandes oscillations du pendule. Pour trouver la formule de Borda, on trace la fréquence en fonction de l'enveloppe sur Latis, on l'exporte sur Regressi et on réalise une régression polynomiale selon

$$T(\theta_m) = T_0 \left(1 + \frac{1}{16}\theta_m^2 + \frac{11}{3072}\theta_m^4 \right) \quad (2)$$

Le fit est meilleur aux grands angles, moins de bruit.

On constate l'enrichissement fréquentielle en réalisant des TFs quand le pendule oscille aux grands angles et on peut observer par ailleurs l'évolution des énergies ou le portrait de phase si on trouve ça pertinent.

Chronophotographie d'une balle en chute libre



None

Troisième loi de Newton

🔗 Poly Méca Bordeaux



None

2 Dynamique du solide en rotation

Important

On veut montrer les propriétés des solides en rotation et l'intérêt de l'équilibrage. On voit le moment d'inertie autour d'un axe avec le pendule pesant, les axes propres avec le pavé et la nutation du gyroscope, puis on aborde l'équilibrage statique sur la barre en faisant en sorte de l'équilibrer avec deux masses et enfin on voit les conséquences d'un déséquilibre dynamique sur le gyroscope avec la précession

Pendule pesant et non-linéarité (Sadek)

🔗 FLTCLD p.478 ; Divers p 7

🕒 10 à 15 min

Demander 2 ordinateurs avec Latis ? Pour pouvoir faire les mesures en même temps ? Ou ne pas faire la manip en premier pour le MP2 ?

On veut dans un premier temps se placer dans le cas linéaire puis non linéaire (Formule de Borda et enrichissement fréquentielle).

En préparation : On étalonne le capteur en faisant des angles entre -60 et 60° , utiliser une barre horizontale montée sur un statif pour tenir le pendule quand on fixe l'angle.

Aux petits angles :

Préparation : On mesure la fréquence des oscillations pour différentes longueurs L (Distance axe - masse) pour réaliser la régression linéaire en fonction de L^2

$$\frac{MgL}{\omega_0^2} = ML^2 + J_0 \quad (3)$$

Live : On ajoute un point à une longueur de plus et on remarque une belle droite. Le coefficient de la droite devrait bien correspondre à la masse utilisée et J_0 est de l'ordre de $2,5 \text{ g/m}^2$

Aux grands angles :

Préparation : Préparer les feuilles de calcul Latis et Regressi et faire un ou plusieurs tests des manip Live.

Live : On réalise une longue acquisition pour de grandes oscillations du pendule. Pour trouver la formule de Borda, on trace la fréquence en fonction de l'enveloppe sur Latis, on l'exporte sur Regressi et on réalise une régression polynomiale selon

$$T(\theta_m) = T_0 \left(1 + \frac{1}{16} \theta_m^2 + \frac{11}{3072} \theta_m^4 \right) \quad (4)$$

Le fit est meilleur aux grands angles, moins de bruit.

On constate l'enrichissement fréquentielle en réalisant des TFs quand le pendule oscille aux grands angles et on peut observer par ailleurs l'évolution des énergies ou le portrait de phase si on trouve ça pertinent.

Gyroscope - Mesure de moments d'inertie (Sadek)

⚡ Jolidon Vert p 289- 320 ; Divers p 9

⊖ Préparation

En préparation : On veut mesurer les moments d'inertie selon les axes principaux du gyroscope, pour cela on utilise la même méthode qu'avec le pendule pesant en réalisant cette fois-ci une régression linéaire sur la masse.

Pour l'axe de symétrie cylindrique du rotor (mesure de C) on place la masse sur le rotor avec de la Patafix ou du Scotch double face, on mesure la période des oscillations libres au chronomètre ou au laser avec un jeu de miroir - photodiode (on peut coller un miroir sur la masse). Attention les oscillations sont vite amorties.

Pour l'axe de rotation du cadre intérieur on fait la même chose mais cette fois ci avec la masse sur le cadre.

Gyroscope - Nutation (Sadek)

⚡ Jolidon Vert p 289- 320 ; Divers p 9

⊖ 5 min

On cherche à vérifier la loi de nutation du gyroscope (petites oscillations de l'angle de nutation quand on tape le gyroscope équilibré en rotation propre).

$$T_{nutation} = 2\pi \frac{A}{C\dot{\phi}} \quad (5)$$

On mesure au tachymètre ou avec un laser rasant le rotor la vitesse de rotation propre $\dot{\phi}$, et on mesure la période de nutation en plaçant un miroir sur la cadre extérieur, et une photodiode (diode à effet latéral permet d'avoir, si l'alignement est bon, des oscillations sinusoidales donc simple à TF). Le miroir envoie le faisceau sur la photodiode donc la tension est l'image de la position du laser et donc de l'angle de précession (il est pertinent de noter que précession et nutations sont couplés avec la même période d'oscillation, mais la précession étant de plus grande amplitude c'est elle qu'on mesure facilement).

On peut illustrer le couple des deux oscillations en plaçant un écran à la place de la photodiode, on observe une ellipse tracée par le chemin du laser.

On réalise une régression linéaire entre les deux pulsations. Coefficient le rapport des moments d'inertie.

Gyroscope - Precession (Sadek)

⚡ Jolidon Vert p 289- 320 ; Divers p 9

⊖ 5 - 10 min

On veut vérifier la loi de précession du gyroscope déséquilibré par une masse m accrochée sur le cadre intérieur à une distance l du centre de masse du gyroscope seul. Il faut mesurer à la fois la vitesse de rotation propre (qui diminue à cause des frottements et la période de précession.

$$\dot{\psi} = \frac{mgl}{C\dot{\phi}}$$

En préparation j'ai utilisé deux miroirs sur le cadre extérieur, comme pour la nutation, qui permet de détecter la demi-période de précession (on a un pic à chaque fois que le miroir passe au bon endroit, à chaque demi-période donc, qu'on nomme les instants t_i). Mesurer la vitesse de précession aux instants t_i permet d'éviter d'avoir à faire une interpolation linéaire dans la suite.

Les formules à utiliser sont bien précisées dans le Jolidon vert p303.

Pour mesurer la vitesse de rotation propre, j'ai fait une marque au feutre sur l'axe du rotor et filmé pendant environ les 4 minutes de rotation le rotor au ralenti 240 fps (possible avec l'iPhone 8+ de la collection). Pour le film, j'ai fait en sorte de voir la photodiode sur la vidéo afin de savoir quand regarder la vitesse de rotation. J'ai déduit la vitesse de rotation du nombre d'image par tour (sur un tour) autour des instants t_i . C'est fastidieux mais j'ai obtenu une très bonne régression linéaire. J'ai obtenu environ 30 points par cette méthode.

En **Live** on peut utiliser le tachymètre, vérifier son fonctionnement pendant la préparation.

Après réflexion le tachymètre pourrait fonctionner si le gyroscope est recouvert de scotch ou peinture noire d'ici les oraux.

3 Référentiels non Galiléens

Important

Force coriolis avec la bille, illustre les forces fictives. Surface libre de l'eau montre que les effets de ces forces sont quand même bien visibles sur les systèmes dans de tels référentiels. Le pendule paramétrique montre un autre effet, qu'on pourrait traiter en référentiel galiléen, mais qui montre clairement l'intérêt des RNG

Pendule Paramétrique (Sadek)

None

Force Centrifuge

Centrifuge.pdf; p 1
None

Surface libre de l'eau en rotation

None

4 Mesure de longueurs

Important

On mesure des longueurs de plus en plus petites. Avec le condensateur d'Aepinius on est de l'ordre du centimètre, avec le Michelson on arrive à mm et μm pour les lames de verres mises dans l'interferomètre et avec les fentes d'young on simule l'interféromètre dans l'expérience de Michelson Pease visant à mesurer la taille angulaire de Betelgeuse, qui permet de voir des toutes petites tailles angulaires

Télémetrie acoustique

None

Capteur capacitif : Condensateur d'Aepinus

☞ Asch p 365 Quaranta IV ; Electromagnétisme p 44 ☹

None

Capteur inductif

☞ Asch p 340 ; Electromagnétisme p 46 ☹

None

Capteur capacitif de hauteur d'eau

☞ ; Electromagnétisme p 45 ☹

None

Interférences par division du front d'onde, fentes d'Young (Juliette je t'ai volé ça)

☞ Sextant p 174 ; Optique p 23 ☹ 10 min

Le but de la manip est de vérifier la loi du contraste et de mesurer la largeur de la fente source.

- Matériel : lampe QI, filtre AC, filtre interférentiel (P124.1/4 : les autres sont trop petits pour avoir un signal propre), fente (P115.9) sur environ $500 \mu\text{m}$, bifentes (P116.1/2 sur $a = 200 \mu\text{m}$), tube noir de 15 cm, caméra CCD Caliens.
- On se place initialement à $L = 30\text{cm}$. Pour chaque filtre on rapproche la fente source des bifentes et on mesure L à la première annulation de contraste.
- Puis régression linéaire de $L1$ en fonction de a/λ : on trouve b .

Michelson : Mesure d'indices et d'épaisseurs

☞ ; Optique p 33 ☹

Pour les manips de chariotage, étalonner le moteur du Michelson avec une lampe monochromatique (type sodium), en déduire la vitesse de chariotage, et ensuite faire les chariotage comme ça. Par exemple, pour la lame de verre, on peut se placer en lumière blanche, coin d'air, contact optique, puis ajout de la lame, perte du contact optique, chariotage jusqu'à le ravoir, se voit sur caliens mode michelson car retour du contraste normalement

5 Mesure de vitesses**Important**

On commence par une mesure de vitesse par pointage avec le chronophotographie, qui donne l'évolution de la vitesse selon les deux axes en fonction du temps, puis on fait l'analyse de la surface libre en rotation pour mesurer cette fois ci une vitesse de rotation sur une image statique, enfin on étudie l'effet Doppler acoustique, utilisé pour l'échographie

Doppler acoustique

⚡ FLTCLD p539 ; Divers p 34



None

Capteurs de force

⚡ ; Electromagnétisme p 50



None

Surface libre de l'eau en rotation



None

Chronophotographie d'une balle en chute libre



None

Mesure de l'indice optique de l'air (loi de Gladstone)



None

6 Mesure d'accélération

Important

Chronophoto d'une balle donne l'accélération dans les deux directions, surface libre de l'eau donne l'accélération d'entraînement, utilisée par le capteur de force dans l'accéléromètre pour en déduire l'accélération

Accéléromètre : Détermination du module d'Young d'une poutre

⚡ Jolidon vert ; Electromagnétisme p 49



None

Surface libre de l'eau en rotation



None

Chronophotographie d'une balle en chute libre

None

7 Frottements**Important**

On commence avec les frottements solides, stick and slip si ça marche et sinon juste faire des angles de chute c'est déjà ça. On peut en déduire une distribution statistique si on le fait assez de fois. Transition Gyroscope, frottements fluide ou solides selon la vitesse, rapide fluide, lent solide, en déduire les coefficients de frottement même si pas très intéressant mais ça fait une mesure, viscosimètre à bille, frottements fluides, en v , donne la viscosité, et Soufflerie frottements en v^2

Gyroscope - Frottements solides et fluides

None

Viscosimètre à bille

FLTCLD p.411 ; Divers p 22



None

Frottements à haut et faible Reynolds - Soufflerie

FLTCLD] p.454 ; Divers p 26



None

Contact entre deux solides

; Divers p 38



None

QL Manche à balai, centre de masse

Ma tête



Tenir un manche à balai sur ses deux index, à des points complètement aléatoires, de préférence bien asymétrique et rapprocher ses mains doucement. On voit que les doigts glissent alternativement et se rapprochent d'en dessous du centre de masse. C'est parce que le poids appliqué sur chaque doigt dépend de la distance au centre de masse, donc si on s'en approche, les frottements augmentent.

8 Tension superficielle

Important

Manip du trombone quali en premier, ensuite balance d'arrachement pour mesurer sur l'eau, faire ensuite avec du savon ? Faire le murissement d'Ostwald (loi de Laplace) et la loi de Jurin.
Finir sur la relation de dispersion des ondes GC

Relation de dispersion des ondes gravito-capillaires

⚡ JOLIDON VERT ; Divers p 46



None

Loi de Laplace

⚡ Poly Interfaces Renne (Thermo) ; Divers p 41



None

Balance d'arrachement

⚡ FLTCLD 466 ; Divers p 44



None

Forme d'une gouttelette

⚡ Capillarité.pdf



None

QL : Trombone dans l'eau

⚡ Poly Interfaces Renne (Thermo)



None

9 Viscosité

Important

Reversibilité de l'écoulement en premier, ensuite mesure directe de viscosité avec le ralentissement d'une bille, on finit sur deux effets visqueux, la perte de charge simple et pour Poiseuille

Viscosimètre à bille

⚡ FLTCLD p.411 ; Divers p 22



None

Écoulement de poiseuille

⚡ FLTCLD p.441 ; Divers p 24



None

Frottements à haut et faible Reynolds - Soufflerie

⚡ FLTCLD] p.454 ; Divers p 26



None

Reversibilité d'un écoulement



None

10 Caractérisation d'un écoulement

Important

On peut commencer sur la soufflerie, elle permet d'avoir des écoulements laminaires ou turbulents (se voit à la forme de l force en fonction de la vitesse). Ensuite on parle d'écoulements à faible Reynolds, avec Poiseuille Toricelli qui lui suit la loi de Bernoulli. On peut illustrer à tout moment Bernoulli et la perte de charge sur les tubes

Loi de Bernoulli - Tube de Pitot

⚡ ; Divers p 27



Mesure de la vitesse avec anémomètre à fil chaud, tube de Pitot donne une pression qui est proportionnelle au carré de la vitesse normalement. Tracer l'un en fonction de l'autre

Perte de charge d'un écoulement

⚡ FLTCLD p.413 ; Divers p 28



None

Écoulement de poiseuille

⚡ FLTCLD p.441 ; Divers p 24



None

Écoulement laminaire/turbulent

⚡ FLTCLD p.463 ; Divers p 28



None

11 Ondes dans les liquides

Important

Une grosse arnaque, on commence par les ondes acoustiques dans l'eau, mesure de c , youpi, on fait les ondes GC dans l'eau, mesure de la relation de dispersion, on peut montrer quelques effets ondulatoires quali, et enfin on fait la réfraction limite du laser, on fait l'analogie avec la fibre à saut d'indice.

Propagation libre du son dans l'eau

⚡ ; Divers p 30



None

Relation de dispersion des ondes gravito-capillaires

⚡ JOLIDON VERT ; Divers p 46



None

Diffraction et fentes d'Young pour les ondes GC

⚡ JOLIDON VERT ; Divers p 46



None

Reflexion totale à l'interface eau-air

⚡ Guillaume



Loi de Descartes sur de l'eau dans une cuve, laser doit sortir de l'eau. On repère facilement l'angle de reflexion totale car on gagne soudain en intensité dans le rayon réfracté.

Attention, il faut que la cuve soit élevée, très grande en hauteur, et remplie d'eau avec de la poudre de lait.

Attention 2 : Il faut que le laser soit facilement mobile car c'est galère de changer l'angle.

12 Mesure de pressions

Important

Etallonnage du manomètre permet de s'occuper d'un appareil de mesure de pression, le reste c'est des applications qui peuvent servir à des etallonnages (Ruchardt est surtout une mesure de capa et Gladstone d'indice)

Expérience de Rüchardt

⚡ BUP 837 et 808 ; Divers p 12



None

Loi de Bernoulli - Tube de Pitot

⚡ ; Divers p 27



Mesure de la vitesse avec anémomètre à fil chaud, tube de Pitot donne une pression qui est proportionnelle au carré de la vitesse normalement. Tracer l'un en fonction de l'autre

Etallonnage d'un capteur de pression (manomètre) à membrane

⚡



None

Mesure de l'indice optique de l'air (loi de Gladstone)

⚡



None

13 Mesure de températures**Important**

Tube de Kundt et pyromètre (+loi de stefan) : detecteurs absolus, thermistance et platine, thermomètre relatifs. Pas le temps pour tout ça. Faire Kundt, Platine et Thermistance. Pyromètre plutôt rare et demande loi de stefan.

Tube de Kundt

⚡ FLTCLD] p.528 ; Divers p 50



None

Thermomètre à résistance de Platine et Thermistance

⚡ Jolidon Vert p339 et 347 ; Divers p 54



None

Verification de la loi de Stefan

⚡ Poly Bordeaux (Thermo)



None

Pyromètre optique

☞ BUP 827, Perez thermo



Application du rayonnement thermique

14 Transitions de phase

Important

Leçon fourre tout, on peut faire : SF6 (tracé des isothermes L G), mesure de chaleur latente de l'azote (méthode électrique, L G), surfusion de l'étain (L S), transition ferro-para avec mesure de Tc grâce au matos de Saclay.

Transition liquide/gaz de SF6

☞ ; Divers p 59



None

Mesure de la chaleur latente de fusion de la glace par la méthode des mélanges

☞ ; Divers p 61



None

Mesure de la chaleur latente de vaporisation du diazote par la méthode électrique

☞ Jolidon vert p369 ; Divers p 61



None

Coalescence du fer

☞



None

Surfusion

☞



None

15 Transferts thermiques

Important

On illustre les différents modes de transport de la chaleur, en premier par conduction avec les petites barettes à cristaux liquides, on fait le barreau de cuivre module peltier diffusion thermique et on mesure les ondes thermiques, on passe dans les milieux moins denses, les fluides, on a toujours de la conduction, mais on peut avoir de la convection, qui se traduit par l'instabilité de Rayleigh Benard, visualisation dans le tube et des rouleaux, enfin, même dans le vide on peut avoir transfert thermique, le soleil par exemple, ou la chaleur d'un feu, rayonnement et bam loi de stefan

Instabilité de Rayleigh-Bénard

⚡ [FLTCLD] p.407 ; Divers p 29



None

Convection thermique (qualitatif)

⚡ [FLTCLD] p.406 ; Divers p 29



None

Conduction thermique du Cuivre (module Peltier)

⚡ Jolidon bleu ; Electromagnétisme p 59



None

Verification de la loi de Stefan

⚡ Poly Bordeaux (Thermo)



None

16 Phénomènes de transport

Important

On va mettre en évidence différents phénomènes de transport. On commence par le transport de matière, avec la diffusion du glycérol, et on enchaîne sur la diffusion de chaleur, même équation. On transitionne avec les autres modes de transport de chaleur, convection et rayonnement.

Convection thermique (qualitatif)

⚡ [FLTCLD] p.406 ; Divers p 29



None

Conduction thermique du Cuivre (module Peltier)

⚡ Jolidon bleu ; Electromagnétisme p 59



None

Diffusion du glycerol dans l'eau

⚡ Jolidon Vert p 400



None

Verification de la loi de Stefan

⚡ Poly Bordeaux (Thermo)



None

17 Rayonnement thermique**Important**

Présenter le rayonnement avec la loi de Stefan et le rayonnement du corps noir en terme de longueur d'onde, puis faire une application avec le pyromètre

Verification de la loi de Stefan

⚡ Poly Bordeaux (Thermo)



None

Emission d'un spectre continu

⚡ Louis



Référence : Leçon de Yohann Faure

Matériel, description :

c.f. Figure 1

Etape 1 : On éclaire une fente avec une lampe quartz-iode et on en fait l'image sur un écran à travers une lentille. On observe un rectangle blanc et fin.

Etape 2 : On ajoute un prisme à vision directe juste après la lentille. On observe un rectangle élargi couleur arc-en-ciel.

Etape 3 : On retire temporairement le filtre anti-calorique et on place un spectromètre sur le

Pyromètre optique

⚡ BUP 827, Perez thermo



Application du rayonnement thermique

18 Instruments d'optique

Important

Présenter la lentille, base pour les instruments d'optique avec un capteur, donc ça fait un appareil photo, et la lunette astro.

Focométrie (autocollimation)



None

Focométrie (Bessel)

☞ Duffait Capes ; Optique p 7



None

Étude d'un instrument d'optique : exemple de la lunette astronomique

☞ ; Optique p 12



None

Critère de Rayleigh pour une lentille



Prendre un bon capteur CCD reliable à l'oscilloscope, conjuguer des bifentes de diff taille dessus, mettre un diaphragme devant la lentille, rendre le diaphragme petit et augmenter l'intensité de la QI pour garder la même intensité, observer la perte de résolution

19 Interférences lumineuses

Important

On présente plusieurs dispositifs d'interférence, un premier de division de front d'onde, qui permet de montrer la perte de cohérence spatiale, puis des dispositifs par division d'amplitude, qui permettent de montrer le principe de la cohérence temporelle en lumière blanche. Le Fabry Perot est là pour présenter des interférences à plus de deux ondes

Interférences par division du front d'onde, fentes d'Young (Juliette je t'ai volé ça)

☞ Sextant p 174 ; Optique p 23

⊖ 10 min

Le but de la manip est de vérifier la loi du contraste et de mesurer la largeur de la fente source.

- Matériel : lampe QI, filtre AC, filtre interférentiel (P124.1/4 : les autres sont trop petits pour avoir un signal propre), fente (P115.9) sur environ $500 \mu\text{m}$, bifentes (P116.1/2 sur $a = 200 \mu\text{m}$), tube noir de 15 cm, caméra CCD Caliens.
- On se place initialement à $L = 30\text{cm}$. Pour chaque filtre on rapproche la fente source des bifentes et on mesure L à la première annulation de contraste.

- Puis régression linéaire de $L1$ en fonction de a/λ : on trouve b .

Interférences en lumière polarisée (spectre cannelé) et compensateur de Babinet

☞ Jolidon bleu, p.233 ; Optique p 29

⊖

None

Interféromètre de Fabry-Pérot

☞ Jolidon Vert ; Optique p 30

⊖

None

Michelson : Mesure d'indices et d'épaisseurs

☞ ; Optique p 33

⊖

Pour les manips de chariotage, étalonner le moteur du Michelson avec une lampe monochromatique (type sodium), en déduire la vitesse de chariotage, et ensuite faire les chariotage comme ça. Par exemple, pour la lame de verre, on peut se placer en lumière blanche, coin d'air, contact optique, puis ajout de la lame, perte du contact optique, chariotage jusqu'à le ravoir, se voit sur caliens mode michelson car retour du contraste normalement

Mesure de l'indice optique de l'air (loi de Gladstone)

☞

⊖

None

20 Diffraction des ondes lumineuses – Filtrage

Important

Diffraction proche, à l'infini, soucis et applications

Diffraction de Fresnel d'un trou, mesure du rayon

☞ Jolidon Bleu p 310 ; Optique p 40

⊖ 10 minutes

- Laser rouge $\lambda = 632.8\text{nm}$ p5.3/2 sur support horizontal p108.8, pied fixe 0.531, hauteur 30 cm ;
- Objectif de microscope p107.16/3, PHV ;
- Diapositive B169, statif, trou de 1.2mm, espacé de 10.5 cm de l'objectif ;
- Lentille d'"exploration" de focale 120mm, p111.2/1, PHV.

Par définition :

$$N = \frac{\rho^2}{\lambda} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)$$

On compte les positions où N semble entier, (franges sombres et clairs), puis on trace $N(\frac{1}{b})$. On en déduit ρ par le coefficient directeur et la connaissance de λ .

Diffraction de Fraunhofer d'un trou, mesure du rayon

⚡ Jolidon Bleu p 320 ; Optique p 41

⊖ 10 minutes

Pour une configuration donnée, on va prendre les positions des différentes annulation dans la tache d'Airy. Pour mesurer facilement la taille des différents anneaux il faut les observer à l'aire d'une caméra située à la place de l'écran.

Points caractéristiques	x
1er 0	1.220
1er max	1.635
2ème 0	2.233
2ème max	2.679
3ème 0	3.238

Avec :

$$x = \frac{\rho r}{f \lambda}$$

On mesure r pour différents x et on trace $x \left(\frac{r}{f \lambda} \right)$, de pente ρ

Optique de Fourier

⚡ Jolidon Bleu 330 environ ; Optique p 42

⊖ 5 - 10 minutes

Petite expérience ludique qui permet d'expliquer le filtrage optique.

Matériel : On change le laser par une lampe **QI** pour avoir de meilleures images et car la longueur d'onde ne joue plus un facteur déterminant, même si les plus grandes longueurs d'ondes ont un spectre plus étendu, une fente tournante et ajustable (objet filtrant), un écran, porte diapos + diapo avec la tête de Fourier et diapo avec des lignes parallèles (objets diffractants).

Expérience : On place les diapos dans le chemin du rayon en lumière parallèle, telles que l'image sur l'écran soit le visage de Fourier, net, avec des barreaux comme s'il était en prison. On positionne la fente dans le plan de Fourier pour filtrer les grandes fréquences spatiales de l'image (les détails). La fente est d'abord horizontale, pour filtrer les fréquences verticales, et on la tourne, ensuite à 90° pour maintenant filtrer les détails horizontaux, donc les barreaux.

Si écran tractable, montrer aussi la figure de diffraction dans le plan de Fourier pour expliciter ce qu'on filtre.

Critère de Rayleigh pour une lentille

⚡

⊖

Prendre un bon capteur CCD relié à l'oscilloscope, conjuguer des bifentes de diff taille dessus, mettre un diaphragme devant la lentille, rendre le diaphragme petit et augmenter l'intensité de la QI pour garder la même intensité, observer la perte de résolution

Filtrage passe haut optique : Observation d'ondes stationnaires ultrasonores, ou des bords d'un écran

⚡ Jolidon Bleu 330 environ

⊖

None

21 Acquisition et analyse d'image

Important

L'appareil photo : on présente la lentille et l'écran (CCD), puis on parle d'une méthode d'analyse d'image avec la TF optique.

Focométrie (Bessel)

↗ Duffait Capes ; Optique p 7



None

Mesure de la taille d'un pixel sur capteur CCD

None

Filtrage passe haut optique : Observation d'ondes stationnaires ultrasonores, ou des bords d'un écran

↗ Jolidon Bleu 330 environ



None

22 Spectrométrie optique

Important

Spectre cannelé full quali puisque c'est juste un Michelson compliqué, Goniomètre pour faire une analyse spectro de raie, avec un dispositif de division du front d'onde ultra classique le réseau, et spectrométrie du Na pour finir avec la spectro par TF au Michelson

Interférences en lumière polarisée (spectre cannelé) et compensateur de Babinet

↗ Jolidon bleu, p.233 ; Optique p 29



None

Interféromètre de Fabry-Pérot

↗ Jolidon Vert ; Optique p 30



None

Goniomètre, réseau et constante de Rydberg

Le gonio a des vis d'angle et aussi une vis de hauteur sur l'oculaire !

Spectrométrie par interferometre de Michelson (Transformée de Fourier et Caliens)

↗ Jolidon vert, p.73 ; Optique p 35



Voir tips sur le chariotage MP 19

23 Interférences à ondes multiples

Important

FP et Gonio classiques, permettent d'illustrer deux process similaire mais avec utilisation différente, et filtrage car application d'une sommation d'onde, on voit dans les interf infinie l'apparition de la TF naturellement

Interféromètre de Fabry-Pérot

⚡ Jolidon Vert ; Optique p 30



None

Goniomètre, réseau et constante de Rydberg

⚡



Le gonio a des vis d'angle et aussi une vis de hauteur sur l'oculaire !

Filtrage passe haut optique : Observation d'ondes stationnaires ultrasonores, ou des bords d'un écran

⚡ Jolidon Bleu 330 environ



None

24 Émission et absorption de la lumière

Important

Emission : spectre de la QI ou lampe tungstène, et loi de Stefan si le temps le permet.
Absorption : Loi de Beer Lambert et caractéristique de la photodiode.

Photodiode

⚡ Sextant Ch II ; Optique p 62



None

Verification de la loi de Stefan

⚡ Poly Bordeaux (Thermo)



None

Emission d'un spectre continu

⚡ Louis



Référence : Leçon de Yohann Faure
Matériel, description :
c.f. Figure 1

Etape 1 : On éclaire une fente avec une lampe quartz-iode et on en fait l'image sur un écran à travers une lentille. On observe un rectangle blanc et fin.
 Etape 2 : On ajoute un prisme à vision directe juste après la lentille. On observe un rectangle élargi couleur arc-en-ciel.
 Etape 3 : On retire temporairement le filtre anti-calorique et on place un spectromètre sur le

Loi de Beer Lambert



None

25 Photorécepteurs

Important

On veut étudier des photorécepteurs à différentes échelles, la photodiode permet d'étudier la caractéristique et la linéarité, la photoresistance donne un exemple d'application et la plaquette CCD donne une application plus poussée

Caractéristiques d'un photorécepteur

✍ Sextant Ch II ; Optique p 61



None

Photodiode

✍ Sextant Ch II ; Optique p 62



None

Mesure de la taille d'un pixel sur capteur CCD



None

Detecteur de lumière avec photoresistance + LED + Pont de Wheatstone



Pont de Wheatstone

26 Biréfringence, pouvoir rotatoire

Important

On commence par l'analyse d'une lumière, permettant de savoir si elle est polarisée ou non, on enchaîne avec le compensateur de babinet qui permet de connaître les indices d'une lame birefr, enfin on fait la loi de Biot qui est l'influence d'un milieu sur une lumière polarisée. On peut le modéliser par un milieu ayant un indice optique dépendant de la polarisation circulaire.

Analyse d'une lumière polarisée

☞ Fiche F24 ; Optique p 56



None

Loi de Biot



None

27 Polarisation des ondes électromagnétiques

Important

L'objectif est de montrer les effets de polarisation des OEM. On commence par la loi de Malus et l'étude du polariseur optique simple, permet d'obtenir de la lumière polarisée rectilignement, on fait Malus dessus. On peut ensuite faire qualitativement Malus sur le banc hyperfreq. Montre que l'on peut produire des ondes polarisées directement. On étudie ensuite l'angle de Brewster, une autre méthode pour obtenir de la lumière polarisée. Après ça, on embraye sur un effet qui agit sur la lumière polarisée, l'effet Faraday. On peut montrer ensuite les domaines de Weiss si le temps le permet pour avoir une application mais ça m'étonnerait

Interférences en lumière polarisée (spectre cannelé) et compensateur de Babinet

☞ Jolidon bleu, p.233 ; Optique p 29



None

Angle de Brewster

☞ Sextant p268



None

Loi de Malus



Prendre la photodiode intégrée

Biréfringence provoquée : effet Faraday

☞ Sextant p 320



None

28 Production de champs magnétiques

Important

Production avec : un aimant permanent, clair, puis une bobine, classique, et enfin un électroaimant, qui mélange les propriétés des deux, avec guidage du champ et champ intense

Production d'un champ magnétique par un aimant permanent

⚡ ; Electromagnétisme p 3



Carte de champ et Teslamètre. Pour la carte de champ, faire avec les petites boussoles, puis faire la loi en $\frac{1}{r^3}$ avec le teslamètre sur un banc optique pour tout bien aligner.

Production d'un champ magnétique par une bobine

⚡ [Quaranta IV] à «Magnétostatique », [Duffait CAPES] 
p.89-90 ; Electromagnétisme p 3

Helmoltz, anti Helholtz, question de l'utilité d'un champ magnétique constant et d'un gradient de champ magnétique

Dans mesure d'induction, faire la loi en $\frac{1}{(R^2 + d^2)^{3/2}}$

Production d'un champ magnétique par un électroaimant

⚡ ; Electromagnétisme p 4



Cycle d'hystéresis

29 Mesure de champs magnétiques

Important

Mesure de champ magnétique avec trois méthodes, fluxmètre mesure le flux, donc il faut intégrer, sonde à effet hall mesure indirectement le champ par une ddp en exploitant la force de Lorentz, et enfin la boussole tangente est intéressante pour les petits champs, si le temps on peut illustrer plus en détail la mesure par un moment magnétique avec l'autre manip (avec la balance)

Mesure de champs magnétiques : Sonde a Effet Hall

⚡ Notice ; Electromagnétisme p 6



None

Mesure de champs magnétiques : Fluxmetre

⚡ Quaranta IV Fluxmetre et Duffait p85 et poly Lyon EM; Electromagnétisme p 8 ⊖
None

Mesure du champ magnétique par la force sur le moment magnétique d'un aimant permanent

⚡ Jolidon Vert ⊖
None

Mesure du champ magnétique terrestre avec la boussole tangente

⚡ Poly Bordeaux (EM) ⊖
None

30 Milieux magnétiques

Important

Illustration de dia, para et ferro avec les petits pendules, puis étude plus précis du para, avec ascension para, et enfin du ferro avec le tracé d'un cycle d'hystérésis pour l'électroaimant et les domaines de Weiss. On peut garder de côté la transition ferro para du clou très quali.

Ascension Paramagnétique : FeCl3

⚡ Quaranta IV Paramagnetisme, Jolidon Vert p105; ⊖
Electromagnétisme p 11
None

Lévitation Diamagnétique : Graphite (qualitatif)

⚡ ; Electromagnétisme p 11 ⊖
None

Ferromagnétisme doux : Etude du cycle d'hystérésis

⚡ Jolidon Vert p122; Electromagnétisme p 14 ⊖
None

Ferromagnétisme : domaines de Weiss par effet Faraday

⚡ Jolidon Vert p160; Electromagnétisme p 14 ⊖
None

31 Métaux

Important

Quelques propriétés des métaux, flexibilité avec le module d'young, conductivités thermique et électrique avec les deux autres manips. Montage full jolidons

Accéléromètre : Determinacion du module d'Young d'une poutre

⚡ Jolidon vert ; Electromagnétisme p 49



None

Conduction thermique du Cuivre (module Peltier)

⚡ Jolidon bleu ; Electromagnétisme p 59



None

Propriétés électriques du cuivre (resistance chauffée)

⚡ Jolidon bleu ; Electromagnétisme p 61



None

32 Matériaux semi-conducteurs

Important

On caractérise les effets de semi conducteurs, temps de recomb, décallage à l'effet hall, resistance, et caractéristique d'une cellule photocoltaïque (photodiode)

Mesure de champs magnétiques : Sonde a Effet Hall

⚡ Notice ; Electromagnétisme p 6



None

Mesure résistance d'un semi-conducteur

⚡ Quaranta III Semi Conducteurs ; Electromagnétisme p 62



None

Caractéristiques d'un photorécepteur

☞ Sextant Ch II ; Optique p 61 ☹

None

Mesure du temps de recombinaison d'électron-trou dans une photorésistance

☞ Quaranta III ☹

None

Detecteur de lumière avec photoresistance + LED + Pont de Wheatstone

☞ ☹

Pont de Wheatstone

33 Mesure de capacités

Important

On va mesurer des capacités, électrique avec le condensateur Aepinius et un pont de Maxwell ou équivalent, thermique avec Ruchardt et la mesure de la capacité calorifique de l'eau avec une résistance chauffante pour plusieurs masses d'eau différentes afin d'enlever la capacité du calorimètre

Expérience de Rüchardt

☞ BUP 837 et 808 ; Divers p 12 ☹

None

Capteur capacitif : Condensateur d'Aepinus

☞ Asch p 365 Quaranta IV ; Electromagnétisme p 44 ☹

None

Capteur capacitif de hauteur d'eau

☞ ; Electromagnétisme p 45 ☹

None

Le câble coaxial comme ligne de transmission

☞ ; Electronique p 68 ☹

Pour la propagation guidée, ne faire que la vitesse de propagation

Pont de Wheatstone / Maxwell



None

34 Capteurs à effets capacitifs

Important

Capteur de distance : condensateur d'Aepinius, Capteur de hauteur : condensateur eprouvette,
Effets capacitifs indésirables : perturbation par la mesure sur l'oscilloscope

Capteur capacitif : Condensateur d'Aepinus

Asch p 365 Quaranta IV ; Electromagnétisme p 44



None

Capteur capacitif de hauteur d'eau

; Electromagnétisme p 45



None

35 Mesure de coefficients d'induction

Important

Autoinductance par resonance et pont, puis inductance mutuelle par bobines intriquées et helmoltz avec un pont de maxwell

Bobines inbriquées

Quaranta IV p.277



None

Production d'un champ magnétique par une bobine

[Quaranta IV] à «Magnétostatique », [Duffait CAPES] p.89-90 ; Electromagnétisme p 3



Helmoltz, anti Helmholtz, question de l'utilité d'un champ magnétique constant et d'un gradient de champ magnétique

Dans mesure d'induction, faire la loi en $\frac{1}{(R^2 + d^2)^{3/2}}$

Principe de la conversion de puissance électromécanique : les rails de Laplace

⚡ ; Electromagnétisme p 31



None

Mesure d'autoinductance par resonance

⚡ Quaranta IV p53



None

Mesure d'autoinductance par pont de Maxwell

⚡ Quaranta IV



None

36 Phénomènes d'induction - applications

Important

Le transfo, gros effet d'induction, capteur inductif direct, le fluxmetre bien sûr, et enfin le chauffage et le freinage par induction, deux manips qualitative mais application dans la vie de tous les jours

Mesure de champs magnétiques : Fluxmetre

⚡ Quaranta IV Fluxmetre et Duffait p85
et poly Lyon EM ; Electromagnétisme p 8



None

Transformateur

⚡ ; Electromagnétisme p 19



None

Capteur inductif

⚡ Asch p 340 ; Electromagnétisme p 46



None

37 Conversion électromécanique

Important

Rail, Haut parleur comme rail et enfin MCC comme rail en rotation. On peut ajouter la machine synchrone si on a le matériel et le temps. Mais la MCC est toujours ultra longue donc no need je pense

Principe de la conversion de puissance électromécanique : les rails de Laplace

⚡ ; Electromagnétisme p 31



None

La machine à courant continu (MCC)

⚡ Jolidon Vert p199 ; Electromagnétisme p 32



None

Haut parleur : caractéristique statique

⚡ Haut parleur le BUP



None

38 Machine à courant continu

Important

MCC Full jolidon : Caractéristique a vide, en charge, Rendement Elec vers Meca, puis Meca vers elec

Principe de la conversion de puissance électromécanique : les rails de Laplace

⚡ ; Electromagnétisme p 31



None

La machine à courant continu (MCC)

⚡ Jolidon Vert p199 ; Electromagnétisme p 32



None

Asservissement en position d'un moteur à courant continu

⚡ Duffait elec p337 ; Electronique p 59



None

39

40 Production et conversion d'énergie électrique

Important

GCC pour la conversion, on fait la caractéristique et le rendement, transformateur pour la conversion, on fait le rendement et la resistance nominale

Transformateur

🔗 ; Electromagnétisme p 19



None

La machine à courant continu (MCC)

🔗 Jolidon Vert p199; Electromagnétisme p 32



None

41 Transducteurs

Important

Par def, transducteur : convertie l'énergie d'une forme à une autre. Donc MCC et GCC bien, pareil pour le haut parleur, qui a double transducteur avec electroméca puis mécaacoustique

Principe de la conversion de puissance électromécanique : les rails de Laplace

🔗 ; Electromagnétisme p 31



None

Arduined moteur de Stirling

🔗 ; Electromagnétisme p 39



None

Haut parleur : Rendement

🔗 Haut parleur ; p 4



None

42 Amplification de signaux

Important

Full transistor, c'est un choix bold mais faut assumer. Permet de faire une chaine d'amplification complète, pushpull, puis emmeteur commun, et on peut même faire AO a la fin si le temps, mais surtout on peut parler dans le haut parleur et faire le forrain

Le transistor bipolaire : Tracé des caractéristiques

🔗 Duffat p 66 ; Electronique p 30 , 75



None

L'amplificateur émetteur-commun

☞ Duffait ; Electronique p 36



None

Le montage push-pull

☞ Duffait ; Electronique p 42, 85



None

43 Mise en forme, transport et détection de l'information

Important

Sur le câble on peut mesurer c , Z , Γ , ensuite on fait l'OCT, on mesure le facteur fréquence(tension), plutôt clean, vérifier la théorie pour la formule, il reste maintenant seulement la démodulation, qu'on veut faire, par manque de temps je pense qu'il vaut mieux présenter rapidement la boucle à verrouillage de phase, être prêt pour les questions, et faire du multiplexe, c'est le plus intéressant et la leçon est déjà longue. Connaître les plages de stabilité

Oscillateurs commandé en tension (OCT)

☞ [Duffait] p.192 ; Electronique p 51



None

Le câble coaxial comme ligne de transmission

☞ ; Electronique p 68



Pour la propagation guidée, ne faire que la vitesse de propagation

Modulation de fréquence

☞ ; Electronique p 72



None

Démodulation de fréquence - Boucle à verrouillage de phase (PLL)

☞ ; Electronique p 73



None

44 Signal et bruit

Important

On traite trois bruits, bruit simple avec la lampe, bruit thermique avec la résistance et bruit numérique avec l'oscilloscope. Sur le premier on veut éliminer le bruit, sur les autres on se sert du bruit pour en déduire des informations sur le système à l'origine

Détection Synchronisée

🔗 ; Electronique p 20



None

Bruit de quantification à l'oscilloscope

🔗 Poly Renne Electronique



None

Boîte constante de Boltzmann

🔗 Notice de la boîte - TP Saclay DSP 4 (Electronique)



None

Détection synchronisée de la lampe

🔗 FLTCLD



None

45 Numérisation du signal

Important

Le plan d'Alex, on commence par le fréquence mètre, puis le CAN (simple rampe puis CAN with compteur), et enfin on refait le bruit de numérisation sur un vrai CAN à plusieurs calibres.

Conversion analogique-numérique

🔗 ; Electronique p 17



None

Fréquence mètre numérique

🔗 Duffait élec



None

Bruit de quantification à l'oscilloscope

⚡ Poly Renne Electronique



None

46 Mesures physiques par analyse d'image

Important

Plan de Guillaume tweaked par BG, on commence par le Fabry Perot, analyse par pointage des anneaux, ensuite on fait la surface libre de l'eau, qui correspond aussi à un pointage où on exploite cette fois ci un bord, et enfin on fait une analyse par intensité lumineuse en traçant le cycle des domaines de Weiss dans le grenat.

Ferromagnétisme : domaines de Weiss par effet Faraday

⚡ Jolidon Vert p160 ; Electromagnétisme p 14



None

Interféromètre de Fabry-Pérot

⚡ Jolidon Vert ; Optique p 30



None

Surface libre de l'eau en rotation

⚡



None

47 Microcontrôleurs : applications et limites

Important

Ca c'est le 60ème montage dans le classement de ceux que je compte faire

Moteur Stirling

⚡ Retour Stirling ; Electromagnétisme ; p 1 ; 39



None

48 Détection synchrone

Important

Il faut peur mais en vrai ça va, on peut faire isolement du Doppler, Hacheur optique et enfin la démodulation. On articule sur des applications de plus en plus poussées au niveau technique.

Doppler acoustique

🚩 FLTCLD p539 ; Divers p 34



None

Démodulation d'amplitude

🚩 ; Electronique p 71



None

Détection synchrone de la lampe

🚩 FLTCLD



None

49 Systèmes bouclés**Important**

On commence sur les oscillateurs, avec Wien on pose le principe de façon simple, premier système bouclé, faire les schémas blocs pour chacun et la FTBO au tableau. Oscillateur à quartz gagne spectralement grâce à Q ultra grand, et enfin on voit un autre type de système bouclé très classique les asservissements avec le moteur CC

Oscillateur de Wien

🚩 [Duffait] p.181-183 ; Electronique p 45



None

Oscillateur à quartz

🚩 [Krob] p.147-152, [Brenders] p.259-262 ; Electronique p 47



None

Asservissement en position d'un moteur à courant continu

🚩 Duffait elec p337 ; Electronique p 59



None

50 Instabilités

Important

On étudie différentes instabilités. On peut étudier l'oscillateur de Wien, notamment la croissance des oscillations, qui est issu d'une instabilité qui est ensuite amortie par la saturation en tension de l'AO

On peut ensuite voir une autre instabilité correspondant à une résonance, le pendule paramétrique,

Et enfin on peut traiter quelques instabilités qualitativement, Rayleigh Bénard, Rayleigh Taylor, faire la surfusion de l'étain

Instabilité de Rayleigh-Bénard

⚡ [FLTCLD] p.407 ; Divers p 29



None

Oscillateur de Wien

⚡ [Duffait] p.181-183 ; Electronique p 45



None

Pendule Paramétrique (Sadek)

⚡



None

Surfusion

⚡



None

51 Phénomènes non-linéaires

Important

Pendule pesant, du linéaire au non linéaire, VdP, comment obtenir des oscillations, et pendule paramétrique ou RLC paramétrique. Trois phénomènes bien non linéaires

Pendule pesant et non-linéarité (Sadek)

⚡ FLTCLD p.478 ; Divers p 7

⌚ 10 à 15 min

Demander 2 ordinateurs avec Latis ? Pour pouvoir faire les mesures en même temps ? Ou ne pas faire la manip en premier pour le MP2 ?

On veut dans un premier temps se placer dans le cas linéaire puis non linéaire (Formule de Borda et enrichissement fréquentielle).

En préparation : On étalonne le capteur en faisant des angles entre -60 et 60° , utiliser une barre horizontale montée sur un statif pour tenir le pendule quand on fixe l'angle.

Aux petits angles :

Préparation : On mesure la fréquence des oscillations pour différentes longueurs L (Distance axe - masse) pour réaliser la régression linéaire en fonction de L^2

$$\frac{MgL}{\omega_0^2} = ML^2 + J_0 \quad (6)$$

Live : On ajoute un point à une longueur de plus et on remarque une belle droite. Le coefficient de la droite devrait bien correspondre à la masse utilisée et J_0 est de l'ordre de $2,5 \text{ g/m}^2$

Aux grands angles :

Préparation : Préparer les feuilles de calcul Latis et Regressi et faire un ou plusieurs tests des manip Live.

Live : On réalise une longue acquisition pour de grandes oscillations du pendule. Pour trouver la formule de Borda, on trace la fréquence en fonction de l'enveloppe sur Latis, on l'exporte sur Regressi et on réalise une régression polynomiale selon

$$T(\theta_m) = T_0 \left(1 + \frac{1}{16}\theta_m^2 + \frac{11}{3072}\theta_m^4 \right) \quad (7)$$

Le fit est meilleur aux grands angles, moins de bruit.

On constate l'enrichissement fréquentielle en réalisant des TFs quand le pendule oscille aux grands angles et on peut observer par ailleurs l'évolution des énergies ou le portrait de phase si on trouve ça pertinent.

Oscillateur de Van der Pol

↗ Krob p171 ; Electronique p 53

⊖

None

Pendule Paramétrique (Sadek)

↗

⊖

None

52 Ondes : propagation et conditions aux limites

Important

D'abord montrer la propagation et réflexion d'une onde sur une giga corde, puis on traite la corde de Melde, évidemment il faut parler d'impédance dans ce montage. Après la corde on peut continuer sur le guide d'onde, avec dispersion, même si c'est dur. On peut ensuite faire le câble coax, propagation avec la vitesse de l'onde et adaptation d'impédance en sortie. Enfin on peut aborder rapidement la fibre, saut d'indice avec la fontaine ou la réflexion totale, et gradient d'indice avec le mélange eau-glycerol

Corde de Melde

↗ H-prépa Ondes PC p.37, [Quaranta I] à «Ondes Stationnaires » ; Divers p 19

⊖

None

Dispersion dans le banc hyperfréquence

↗ ; Electromagnétisme p 55

⊖

None

Le câble coaxial comme ligne de transmission

🚩 ; Electronique p 68



Pour la propagation guidée, ne faire que la vitesse de propagation

53 Propagation guidée

Important

Guide d'onde, apeurant mais la base, relation de dispersion. Cable coax, vitesse des ondes, pas plus, pas de modèle des constantes réparties. Enfin, illustration de la fibre optique avec saut d'indice avec la réflexion limite, et la fontaine laser, et gradient d'indice avec le mélange eau ethanol glycerol jsp

Dispersion dans le banc hyperfréquence

🚩 ; Electromagnétisme p 55



None

Le câble coaxial comme ligne de transmission

🚩 ; Electronique p 68



Pour la propagation guidée, ne faire que la vitesse de propagation

Fontaine laser

🚩 Le passé



None

Mirage au sucre et à l'éthanol (quali)

🚩



None

Reflexion totale à l'interface eau-air

🚩 Guillaume



Loi de Descartes sur de l'eau dans une cuve, laser doit sortir de l'eau. On repère facilement l'angle de reflexion totale car on gagne soudain en intensité dans le rayon réfracté.

Attention, il faut que la cuve soit élevée, très grande en hauteur, et remplie d'eau avec de la poudre de lait.

Attention 2 : Il faut que le laser soit facilement mobile car c'est galère de changer l'angle.

54 Ondes acoustiques

Important

On s'intéresse à plusieurs aspects des ondes sonores. On fait d'abord la propagation libre dans l'air et l'eau, qui nous donne deux vitesses, et des dispersions différentes, on fait ensuite Doppler acoustique, un grand classique pour les petites classes, puis au choix les battements ou la propagation guidée dans le tube de Kundt, qui donne une nouvelle mesure pour la vitesse du son et ça boucle.

Propagation libre du son dans l'eau

⚡ ; Divers p 30



None

Doppler acoustique

⚡ FLTCLD p539 ; Divers p 34



None

Battements acoustiques de deux diapasons

⚡ ; Divers p 34



None

Guide d'onde acoustique

⚡ FLTCLD



None

55 Haut-parleur

Important

Poly Haut parleur, illustration du concept avec le haut parleur de Frankenstein,

Haut parleur : impédance

⚡ Haut parleur ; p 1



None

Haut parleur : indicatrice de rayonnement

⚡ Haut parleur ; p 3



None

Haut parleur : caractéristique statique

↗ Haut parleur le BUP



None

Haut parleur : Rendement

↗ Haut parleur ; p 4



None

Creation d'un haut parleur de Frankenstein morbide

↗ JSP



None

56 Résonances**Important**

Divers phénomènes de resonance en physique, résonance d'ordre 2, résonance à ondes multiples, résonance non linéaire avec Wien et résonance paramétrique.

Corde de Melde

↗ H-prépa Ondes PC p.37, [Quaranta I] à «Ondes Stationnaires » ; Divers p 19



None

Oscillateur à quartz

↗ [Krob] p.147-152, [Brenders] p.259-262 ; Electronique p 47



None

Pendule Paramétrique (Sadek)

↗



None

Mesure d'autoinductance par resonance

⚡ Quaranta IV p53



None

57 Modes propres**Important**

Systèmes avec de plus en plus de modes propres. Pendule simple, 1 mode, pendule double couplé par torsion, 2 modes, 4 pendules, 4 modes, chaîne continue, nombre infini de modes, quantifiés par contre.

Pendules pesants couplés par un fil de torsion

⚡ H prepa Ondes PC p.34; Divers p 15



None

Système de masses couplées

⚡ FLTCLD; Divers p 17



None

Corde de Melde

⚡ H-prépa Ondes PC p.37, [Quaranta I] à «Ondes Stationnaires »; Divers p 19



None

58 Oscillateurs couplés**Important**

Couplage d'oscillateurs identique à couplage de deux masses, oubliable, mais dans Quaranta IV si voulu, puis on fait les deux par torsion, on observe plus visiblement les deux modes, puis couplage de 4 masses, donne le N oscillateurs = N modes, et enfin on peut finir sur la synchro des métronomes. Ou commencer là dessus.

Pendules pesants couplés par un fil de torsion

⚡ H prepa Ondes PC p.34; Divers p 15



None

Système de masses couplées

⚡ FLTCLD ; Divers p 17



None

Exemple de couplage non-linéaire : la synchronisation de métronomes

⚡ ; Divers p 21



None

59 Régimes transitoires**Important**

Transitoire ordre 1 et 2, différences similarités, Wien, établissement des oscillations, diffusion du glycerol dans l'eau, régime transitoire diffusif

Oscillateur de Wien

⚡ [Duffait] p.181-183 ; Electronique p 45



None

Diffusion du glycerol dans l'eau

⚡ Jolidon Vert p 400



None

Régimes transitoires ordres 1 et 2 élec

⚡



None

60 Mesures par opposition (ou mesure à l'équilibre)**Important**

Pont de Wheatstone, application à la photoresistance et niveau de luminosité, compensateur de babinet, troisième loi de Newton, on équilibre les forces pour faire la mesure.

Balance

⚡



None

Pont de Wheatstone / Maxwell


None

Detecteur de lumière avec photoresistance + LED + Pont de Wheatstone


Pont de Wheatstone

Troisième loi de Newton

Poly Méca Bordeaux



None

Mesure du champ magnétique terrestre avec la boussole tangente

Poly Bordeaux (EM)



None

61 Perturbation par la mesure

Important

On montre comment la mesure peut perturber la grandeur que l'on souhaite mesurer, y a beaucoup de manip possibles. On peut reprendre le plan de Nathan, avec la perturbation par l'oscillo en premier, j'envisage peut-être de faire la perturbation à l'oscillo en AC pour avoir une grande capacité d'entrée. Ensuite La thermistance (Jolidon Vert), la poutre et le polariseur

Accéléromètre : Determination du module d'Young d'une poutre

Jolidon vert ; Electromagnétisme p 49



None

Effet d'auto-échauffement avec le thermomètre à résistance de platine

Jolidon vert



Idée : on mesure une différence de température :

$$\Delta T = T_{mes} - T_r = R_{th}UI$$

On attend $R_{th} \sim 70KW^{-1}$ On fait le montage du haut à la main, avec des multimètres de précision FLUKE. On fait varier l'intensité de 0 à 100 mA^a

On peut ensuite appliquer une formule corrective à la résistance qu'on aurait dû mesurer. avec $\alpha = I_2/I_1$ pour deux intensités :

$$R(T) = \frac{(\alpha^2 - 1) R(T, I_1) R(T, I_2)}{(\alpha^2 R(T, I_2) - R(T, I_1))}$$

On trace la température corrigée, et on constate que la correction est pas mal.
 Critique sur le montage : on sort un peu du domaine linéaire entre T et R.

Perturbation en électronique : l'oscilloscope en AC comparé à DC

🚩 Duffait ⊖

On compare AC et DC en TF pour un bruit blanc ou un dirac i guess

Perturbation d'un quanta : polarisateurs

🚩 ⊖

None

62 Mesure de rendement

Important

On mesure trois rendements très différents, transfo (elec elec), haut parleur (elec, meca), et moteur stirling (thermochimique, meca)

Transformateur

🚩 ; Electromagnétisme p 19 ⊖

None

Moteur Stirling

🚩 Retour Stirling ; Electromagnétisme ; p 1 ; 39 ⊖

None

Haut parleur : Rendement

🚩 Haut parleur ; p 4 ⊖

None

- **Mouvement de chute libre** Duffait p.220 ;Divers p 3, MP :
- **Mobiles autoporteurs sur coussin d'air** Duffait p.211 ;Divers p 5, MP : 1,
- **Pendule pesant et non-linéarité (Sadek)** FLTCLD p.478 ;Divers p 7, MP : 1, 2, 51,
- **Gyroscope - Mesure de moments d'inertie (Sadek)** Jolidon Vert p 289- 320 ;Divers p 9, MP : 2,
- **Gyroscope - Nutation (Sadek)** Jolidon Vert p 289- 320 ;Divers p 9, MP : 2,
- **Gyroscope - Frottements solides et fluides** , MP : 7,
- **Gyroscope - Precession (Sadek)** Jolidon Vert p 289- 320 ;Divers p 9, MP : 2,
- **Expérience de Rüchardt** BUP 837 et 808 ;Divers p 12, MP : 12, 33,
- **Pendules pesants couplés par un fil de torsion** H prepa Ondes PC p.34 ;Divers p 15, MP : 57, 58,
- **Système de masses couplées** FLTCLD ;Divers p 17, MP : 58, 57,
- **Corde de Melde** H-prépa Ondes PC p.37, [Quaranta I] à «Ondes Stationnaires » ;Divers p 19, MP : 56, 52, 57,
- **Exemple de couplage non-linéaire : la synchronisation de métronomes** ;Divers p 21, MP : 58,
- **Viscosimètre à bille** FLTCLD p.411 ;Divers p 22, MP : 7, 9,
- **Loi de Bernoulli - Tube de Pitot** ;Divers p 27, MP : 12, 10,
- **Perte de charge d'un écoulement** FLTCLD p.413 ;Divers p 28, MP : 10,
- **Écoulement de poiseuille** FLTCLD p.441 ;Divers p 24, MP : 9, 10,
- **Instabilité de Rayleigh-Bénard** [FLTCLD] p.407 ;Divers p 29, MP : 50, 15,
- **Frottements à haut et faible Reynolds - Soufflerie** FLTCLD] p.454 ;Divers p 26, MP : 9, 7,
- **Écoulement laminaire/turbulent** FLTCLD p.463 ;Divers p 28, MP : 10,
- **Convection thermique (qualitatif)** [FLTCLD] p.406 ;Divers p 29, MP : 15, 16,
- **Propagation libre du son dans l'eau** ;Divers p 30, MP : 11, 54,
- **Télémetrie acoustique** , MP : 4,
- **Doppler acoustique** FLTCLD p539 ;Divers p 34, MP : 5, 48, 54,
- **Relation de dispersion des ondes gravito-capillaires** JOLIDON VERT ;Divers p 46, MP : 8, 11,
- **Diffraction et fentes d'Young pour les ondes GC** JOLIDON VERT ;Divers p 46, MP : 11,
- **Battements acoustiques de deux diapasons** ;Divers p 34, MP : 54,
- **Contact entre deux solides** ;Divers p 38, MP : 7,
- **Loi de Laplace** Poly Interfaces Renne (Thermo) ;Divers p 41, MP : 8,
- **Balance d'arrachement** FLTCLD 466 ;Divers p 44, MP : 8,
- **Tube de Kundt** FLTCLD] p.528 ;Divers p 50, MP : 13,
- **Thermomètre à résistance de Platine et Thermistance** Jolidon Vert p339 et 347 ;Divers p 54, MP : 13,
- **Transition liquide/gaz de SF6** ;Divers p 59, MP : 14,
- **Mesure de la chaleur latente de fusion de la glace par la méthode des mélanges** ;Divers p 61, MP : 14,
- **Mesure de la chaleur latente de vaporisation du diazote par la méthode électrique** Jolidon vert p369 ;Divers p 61, MP : 14,
- **Bobines inbriquées** Quaranta IV p.277, MP : 35,

- **Production d'un champ magnétique par un aimant permanent** ;Electromagnétisme p 3, MP : [28](#),
- **Production d'un champ magnétique par une bobine** [Quaranta IV] à «Magnétostatique », [Duffait CAPES] p.89-90 ;Electromagnétisme p 3, MP : [35](#), [28](#),
- **Production d'un champ magnétique par un électroaimant** ;Electromagnétisme p 4, MP : [28](#),
- **Mesure de champs magnétiques : Sonde a Effet Hall** Notice ;Electromagnétisme p 6, MP : [29](#), [32](#),
- **Mesure de champs magnétiques : Fluxmetre** Quaranta IV Fluxmetre et Duffait p85 et poly Lyon EM ;Electromagnétisme p 8, MP : [36](#), [29](#),
- **Ascension Paramagnétique : FeCl3** Quaranta IV Paramagnetisme, Jolidon Vert p105 ;Electromagnétisme p 11, MP : [30](#),
- **Lévitiation Diamagnétique : Graphite (qualitatif)** ;Electromagnétisme p 11, MP : [30](#),
- **Ferromagnétisme doux : Etude du cycle d'hystérésis** Jolidon Vert p122 ;Electromagnétisme p 14, MP : [30](#),
- **Ferromagnétisme : domaines de Weiss par effet Faraday** Jolidon Vert p160 ;Electromagnétisme p 14, MP : [30](#), [46](#),
- **Transformateur** ;Electromagnétisme p 19, MP : [36](#), [40](#), [62](#),
- **Redressement et lissage** ;Electromagnétisme p 25, MP :
- **Hacheur** Cap-prépa PSI p.531-546 , [Quaranta IV] ;Electromagnétisme p 28, MP :
- **Principe de la conversion de puissance électromécanique : les rails de Laplace** ;Electromagnétisme p 31, MP : [41](#), [35](#), [37](#), [38](#),
- **La machine à courant continu (MCC)** Jolidon Vert p199 ;Electromagnétisme p 32, MP : [38](#), [37](#), [40](#),
- **Arduined moteur de Stirling** ;Electromagnétisme p 39, MP : [41](#),
- **Capteur capacitif : Condensateur d'Aepinus** Asch p 365 Quaranta IV ;Electromagnétisme p 44, MP : [4](#), [33](#), [34](#),
- **Capteur inductif** Asch p 340 ;Electromagnétisme p 46, MP : [4](#), [36](#),
- **Capteur capacitif de hauteur d'eau** ;Electromagnétisme p 45, MP : [4](#), [34](#), [33](#),
- **Accéléromètre : Determination du module d'Young d'une poutre** Jolidon vert ;Electromagnétisme p 49, MP : [6](#), [31](#), [61](#),
- **Capteurs de force** ;Electromagnétisme p 50, MP : [5](#),
- **Dispersion dans le banc hyperfréquence** ;Electromagnétisme p 55, MP : [52](#), [53](#),
- **Conduction thermique du Cuivre (module Peltier)** Jolidon bleu ;Electromagnétisme p 59, MP : [31](#), [15](#), [16](#),
- **Propriétés électriques du cuivre (resistance chauffée)** Jolidon bleu ;Electromagnétisme p 61, MP : [31](#),
- **Mesure résistance d'un semi-conducteur** Quaranta III Semi Conducteurs ;Electromagnétisme p 62, MP : [32](#),
- **Focométrie (autocollimation)** , MP : [18](#),
- **Focométrie (Bessel)** Duffait Capes ;Optique p 7, MP : [18](#), [21](#),
- **Étude d'un instrument d'optique : exemple de la lunette astronomique** ;Optique p 12, MP : [18](#),
- **Interférences par division du front d'onde, fentes d'Young (Juliette je t'ai volé ça)** Sextant p 174 ;Optique p 23, MP : [4](#), [19](#),
- **Interférences en lumière polarisée (spectre cannelé) et compensateur de Babinet** Jolidon bleu, p.233 ;Optique p 29, MP : [19](#), [27](#), [22](#),
- **Interféromètre de Fabry-Pérot** Jolidon Vert ;Optique p 30, MP : [19](#), [22](#), [23](#), [46](#),

- **Michelson : Mesure d'indices et d'épaisseurs** ;Optique p 33, MP : [19](#), [4](#),
- **Goniomètre, réseau et constante de Rydberg** , MP : [22](#), [23](#),
- **Spectrométrie par interferometre de Michelson (Transformée de Fourier et Caliens)** Jolidon vert, p.73 ;Optique p 35, MP : [22](#),
- **Diffraction de Fresnel d'un trou, mesure du rayon** Jolidon Bleu p 310 ;Optique p 40, MP : [20](#),
- **Diffraction de Fraunhofer d'un trou, mesure du rayon** Jolidon Bleu p 320 ;Optique p 41, MP : [20](#),
- **Optique de Fourier** Jolidon Bleu 330 environ ;Optique p 42, MP : [20](#),
- **Critère de Rayleigh pour une lentille** , MP : [20](#), [18](#),
- **Analyse d'une lumière polarisée** Fiche F24 ;Optique p 56, MP : [26](#),
- **Caractéristiques d'un photorécepteur** Sextant Ch II ;Optique p 61, MP : [32](#), [25](#),
- **Photodiode** Sextant Ch II ;Optique p 62, MP : [25](#), [24](#),
- **Conversion analogique-numérique** ;Electronique p 17, MP : [45](#),
- **Detection Synchrone** ;Electronique p 20, MP : [44](#),
- **Le transistor bipolaire : Tracé des caractéristiques** Duffat p 66 ;Electronique p 30 , 75, MP : [42](#),
- **L'amplificateur émetteur-commun** Duffait ;Electronique p 36, MP : [42](#),
- **Le montage push-pull** Duffait ;Electronique p 42, 85, MP : [42](#),
- **Oscillateur de Wien** [Duffait] p.181-183 ;Electronique p 45, MP : [49](#), [50](#), [59](#),
- **Oscillateur à quartz** [Krob] p.147-152, [Brenders] p.259-262 ;Electronique p 47, MP : [49](#), [56](#),
- **Oscillateurs commandé en tension (OCT)** [Duffait] p.192 ;Electronique p 51, MP : [43](#),
- **Oscillateur de Van der Pol** Krob p171 ;Electronique p 53, MP : [51](#),
- **Oscillateur anharmonique double-puit** Jolidon vert p419 ;Electronique p 56, MP :
- **Asservissement en position d'un moteur à courant continu** Duffait elec p337 ;Electronique p 59, MP : [49](#), [38](#),
- **Couplage d'oscillateurs** [Quaranta], Tome IV, à « Couplages » p.144-155 ;Electronique p 63, MP :
- **Le câble coaxial comme ligne de transmission** ;Electronique p 68, MP : [43](#), [52](#), [53](#), [33](#),
- **Modulation d'amplitude** ;Electronique p 70, MP :
- **Démodulation d'amplitude** ;Electronique p 71, MP : [48](#),
- **Modulation de fréquence** ;Electronique p 72, MP : [43](#),
- **Démodulation de fréquence - Boucle à verrouillage de phase (PLL)** ;Electronique p 73, MP : [43](#),
- **Fréquence-mètre numérique** Duffait élec, MP : [45](#),
- **Pendule Paramétrique (Sadek)** , MP : [56](#), [51](#), [50](#), [3](#),
- **Diffusion du glycerol dans l'eau** Jolidon Vert p 400, MP : [16](#), [59](#),
- **Balance** , MP : [60](#),
- **Pont de Wheatstone / Maxwell** , MP : [60](#), [33](#),
- **Moteur Stirling** Retour Stirling ; Electromagnétisme ; p 1 ; 39, MP : [47](#), [62](#),
- **Haut parleur : impédance** Haut parleur ; p 1, MP : [55](#),
- **Haut parleur : indicatrice de rayonnement** Haut parleur ; p 3, MP : [55](#),
- **Haut parleur : caractéristique statique** Haut parleur le BUP, MP : [55](#), [37](#),

- **Haut parleur : Rendement** Haut parleur ; p 4, MP : 55, 62, 41,
- **Force Centrifuge** Centrifuge.pdf; p 1, MP : 3,
- **Mesure de la taille d'un pixel sur capteur CCD** , MP : 21, 25,
- **Mesure du temps de recombinaison d'électron-trou dans une photorésistance** Quaranta III, MP : 32,
- **Surface libre de l'eau en rotation** , MP : 3, 6, 5, 46,
- **Forme d'une gouttelette** Capillarité.pdf, MP : 8,
- **Effet d'auto-échauffement avec le thermomètre à résistance de platine** Jolidon vert, MP : 61,
- **Perturbation en électronique : l'oscilloscope en AC comparé à DC** Duffait, MP : 61,
- **Perturbation d'un quanta : polarisateurs** , MP : 61,
- **Coalescence du fer** , MP : 14,
- **Verification de la loi de Stefan** Poly Bordeaux (Thermo), MP : 13, 15, 16, 17, 24,
- **Angle de Brewster** Sextant p268, MP : 27,
- **Loi de Malus** , MP : 27,
- **Biréfringence provoquée : effet Faraday** Sextant p 320, MP : 27,
- **Mesure du champ magnétique par la force sur le moment magnétique d'un aimant permanent** Jolidon Vert, MP : 29,
- **Detecteur de lumière avec photoresistance + LED + Pont de Wheatstone** , MP : 25, 32, 60,
- **Mesure de capacité** Quaranta IV Condensateur p125, MP :
- **Chronophotographie d'une balle en chute libre** , MP : 1, 6, 5,
- **Reversibilité d'un écoulement** , MP : 9,
- **Etalonnage d'un capteur de pression (manomètre) à membrane** , MP : 12,
- **Mesure de l'indice optique de l'air (loi de Gladstone)** , MP : 5, 12, 19,
- **Emission d'un spectre continu** Louis, MP : 17, 24,
- **Filtrage passe haut optique : Observation d'ondes stationnaires ultrasonores, ou des bords d'un écran** Jolidon Bleu 330 environ, MP : 20, 21, 23,
- **Loi de Beer Lambert** , MP : 24,
- **Loi de Biot** , MP : 26,
- **Mesure d'autoinductance par resonance** Quaranta IV p53, MP : 35, 56,
- **Mesure d'autoinductance par pont de Maxwell** Quaranta IV, MP : 35,
- **Bruit de quantification à l'oscilloscope** Poly Renne Electronique, MP : 44, 45,
- **Boite constante de Boltzman** Notice de la boite - TP Saclay DSP 4 (Electronique), MP : 44,
- **Détection synchrone de la lampe FLTCLD**, MP : 44, 48,
- **Fontaine laser** Le passé, MP : 53,
- **Mirage au sucre et à l'éthanol (quali)** , MP : 53,
- **Guide d'onde acoustique FLTCLD**, MP : 54,
- **Creation d'un haut parleur de Frankenstein morbide** JSP, MP : 55,
- **Régimes transitoires ordres 1 et 2 élec** , MP : 59,
- **Troisième loi de Newton** Poly Méca Bordeaux, MP : 1, 60,

- **QL Manche à balai, centre de masse** Ma tête, MP : 7,
- **Reflexion totale à l'interface eau-air** Guillaume, MP : 53, 11,
- **QL : Trombone dans l'eau** Poly Interfaces Renne (Thermo), MP : 8,
- **Pyromètre optique** BUP 827, Perez thermo, MP : 13, 17,
- **Mesure du champ magnétique terrestre avec la boussole tangente** Poly Bordeaux (EM), MP : 60, 29,
- **Surfusion** , MP : 50, 14,