

M1 : Dynamique du point et du solide.

Chute libre

Manip : on filme la chute d'une balle de golf et son rebond sur une plaque

Interprétation : on ajuste par un modèle parabolique, par exemple pour retrouver g .

On peut également vérifier la conservation de l'énergie

Commentaires : on ne peut ajuster que sur (g-poussée d'Archimède). Montrer que le mouvement de la balle est bien compris par la dynamique du point.

Remarques expérimentales : il faut prendre une caméra rapide et faire attention aux erreurs de parallaxe.

Ref : Bellier

Pendule pesant

Manip : pendulor avec carte d'acquisition

Interprétation : on veut montrer le couple de frottement solide, décroissance linéaire et non exponentielle.

Expérience complémentaire : montrer que si la masse est suffisamment éloignée, on retrouve la mécanique du point.

Rotation d'un solide autour d'un axe fixe

Manip : un système {tige + 2 masses} est entraîné en rotation par la chute libre d'une masse (couple constant).

Mesures : on cherche à retrouver le moment d'inertie du système à partir de l'accélération angulaire. Incertitudes calculées.

Interprétation : Mesurer le moment d'inertie avec les mêmes masses dans deux configurations différentes pour vérifier l'écart à la mécanique du point.

M2 : Surfaces et interfaces

☀ Montage sensible à la température

Éventuellement introduction avec les films de savon (voir poly).

Tensiomètre à lame mouillée (méthode de Wilhelmy)

1) Mesure du coefficient de tension de surface

Attention à bien affleurer la surface du liquide : pas en plongée pour éviter la poussée d'Archimède, pas à l'arrachement,

2) Ajout d'un tensioactif

On peut tracer la courbe tension de surface en fonction de la quantité de tensioactif. On doit trouver une droite décroissante au début, qui finit en palier quand la quantité de tensioactif est trop importante et forme des micelles.

Interface fluide/fluide (vérification loi de Laplace)

On prend en photo plusieurs bulles de savon en mesurant la pression à l'intérieur.

3 Vérification loi de Jurin

On utilise des tubes de différents diamètres, et on vérifie que plus le tube est fin, plus ça monte haut.

On prend de l'éthanol pour avoir un mouillage total ($\theta=0$).

Bonus : contact à 3 phases

On peut mesurer l'angle de raccordement entre une goutte d'eau et une surface en verre et en déduire la hauteur de montée de l'eau dans un capillaire.

M3 : Dynamique des fluides

Attention : température/pression

Écoulement incompressible d'un fluide parfait

Manip : Sonde pitot, on compare en sortie de soufflerie, la mesure par tube pitot et par anémomètre à fil chaud.

Remarque : vérifier que l'anémomètre ne perturbe pas la mesure.

Écoulement d'un fluide visqueux

1) Écoulement de Poiseuille (régime laminaire)

Manip : écoulement dans un tube long entre un vase de Mariotte et une balance. On mesure le débit et on peut faire varier la pression en entrée.

Interprétation : vérification de la loi de l'écoulement

Remarques : Le tube n'a pas besoin d'être parfaitement horizontal, tant que le rayon de courbure est très grand devant le diamètre.

Attention à attendre suffisamment longtemps pour l'installation du régime permanent.

2) Détermination de la finesse d'une aile (haut nombre de Reynolds)

Manip : on mesure la traînée et la portance sur une aile d'avion, en sortie de soufflerie. **Il s'agit d'une mesure de couple, quelle que soit la vitesse, on s'arrange pour garder l'aile dans la même position.**

Interprétation : on trace la finesse (rapport portance sur traînée).

Ref : Bruhat.

M4 : Capteurs de grandeurs mécaniques

Étude d'une jauge de déformation

- 1) Méthode de mesure**
- 2) Linéarité**
- 3) Compensation en température**

Capteur de position capacitif

M5 : mesure de température

Attention : Les points fixes sont des équilibres mono-variants, il faut prendre en compte la **dépendance en pression**.

On peut introduire en présentant un thermomètre à gaz (parler de son temps de réponse).

Résistance de platine

On peut mesurer la température du point de fusion de l'eau et du point d'ébullition avec plusieurs résistance de platine pour mettre en avant la faible dispersion malgré l'absence d'étalonnage.

Commentaire : peu sensible ($0,39 \text{ Ohm}/^{\circ}\text{C}$, nécessité du montage 4 fils) mais très reproductible (mettre en avant la faible dispersion sur R_0 et sur T_{eb} , calculer l'incertitude pour chaque résistance et comparer à la valeur tabulée).

Éventuellement regarder la température de l'azote liquide (avec une vieille résistance).

Thermistance

Plus sensible mais plus dispersé.

On prend un grand b cher d'eau, on chauffe à 100°C , on y plonge la meilleure PT100 (référence de température), une thermistance et un thermocouple. On mesure les résistances à différents moments du refroidissement.

On peut calculer la sensibilité à différentes températures et comparer à la valeur constructeur.

Manip Bonus : regarder le Quaranta III, p60.

Thermocouple

Idem que pour la thermistance avec référence dans le bain eau-glace. On mesure sensibilité (autour de $40 \mu\text{V/K}$).

Remarque : gamme de température plus étendue, pas d'autoéchauffement.

M6 : Transitions de phase

Transition de phase du 1^{er} ordre :

1) Monovariance équilibre S-L étain (refroidissement, attention à ne pas laisser chauffer trop longtemps car formation oxyde étain) + surfusion si possible

2) Mesure de la chaleur latente de vaporisation du diazote (balance)

3) Mesure du point triple de l'azote si cloche à vide et dewar transparent. (+ mesure de la chaleur latente par méthode Clapeyron).

Conclusion : Transition Ferro-Para (2ème ordre)

Remarques théoriques : Ordre 2 = discontinuité d'une dérivé seconde de l'entropie

Métastabilité ne peut apparaître qu'au changement vers une phase moins entropique (calcul avec développement premier ordre du potentiel)

M7: Instruments d'optique

M8 : interférences :

Expérience introductive : anneaux de Newton.

On utilise la lentille à anneaux de Newton, plutôt en réflexion pour avoir le même nombre de transmissions/réflexions pour chaque onde.

Au laser, on observe des interférences bien contrastées partout (pas de localisation).

A la lumière blanche, on observe des interférences uniquement dans le plan de la lentille (mettre une lentille pour projeter). Cette localisation est une conséquence de l'incohérence spatiale de la source.

Quand on ajoute un filtre, on observe plus d'anneaux, c'est une conséquence de la largeur spectrale de la source.

C'est le même phénomène que sur les bulles de savon, les flaques d'essence.

Cohérence spatiale : Bifentes

Prendre un condenseur de 10cm et faire l'image du filament sur les fentes directement (plus l'image sera petite, plus on sera lumineux). Il faut prendre une lampe bien lumineuse et essayer d'avoir un filament vertical.

On utilise un tube et un filtre pour éviter les lumières parasites.

On peut soit vérifier la formule de l'interfrange, soit élargir progressivement la fente pour obtenir la chute de contraste. On en déduit la largeur de la fente.

Utiliser la caméra CCD et un filtre rouge (meilleure sensibilité de la caméra dans le rouge) installé en dernier.

Michelson en lame d'air – Application à la spectroscopie

Réglage du Michelson

1. Au laser non élargi, on règle la compensatrice (laser parallèle à la lame),
2. Au laser non élargi, on règle le parallélisme des miroirs grossièrement
3. Au laser élargi, on affine le parallélisme si on voit des franges et on chariote si on voit des anneaux (on fait rentrer les anneaux), jusqu'à avoir une teinte uniforme.

4. À la lampe à sodium + dépoli, on affine le parallélisme et le contact optique, puis on sort du contact optique et on affine le parallélisme à l'œil (les anneaux ne doivent pas bouger quand on bouge l'œil).
5. On projette ensuite les anneaux avec la lentille grand champ (on éclaire avec un fort condenseur), écran à f' .
6. Si les anneaux sont ovales : compensatrice. Si les anneaux manquent de contraste, parallélisme miroir.

2 options :

- mesure de la largeur de raie de la raie verte du Sodium, on met un filtre vert et on évalue le chariotage nécessaire à la disparition des anneaux → évaluation de la longueur de cohérence. Bonne mise en avant de la cohérence spatiale mais pas proprement quantitatif.
- Mesure de l'inter-raies du doublet jaunes du sodium, on mesure plusieurs extinctions de contraste de part et d'autre du contact optique, on peut évaluer proprement l'incertitude. Bonne analyse quantitative mais moins pertinent que la largeur de raie pour évoquer la cohérence temporelle.

M 9 : Diffraction des ondes lumineuses

Introduction sur la différence Fraunhofer/Fresnel avec un laser. Introduire Nombre de Fresnel et vérifier par la suite qu'il est très petit devant 1 (Diffraction de Fraunhofer).

Diffraction par une fente

Vérification de la loi interfranges avec un laser (on peut par exemple déterminer la largeur de la fente).

Diffraction par un motif répété aléatoirement

Mesure de la taille des Lycopodes avec microscope/mire (en prendre beaucoup) et par diffraction (attention se placer loin pour mesurer à la règle → La mesure doit faire plus de 30 cm. Inutile de se mettre en lumière blanche : on peut montrer que la manip marche mais la mesure est plus intéressante au laser.

Pouvoir de résolution

On utilise des bifentes calibrées.

M10 : Spectrométrie optique

M11 : Emission/Absorption de lumière

M12 : photorécepteurs

Photodiode : sensibilité (spectre), linéarité, temps de réponse.

M13 Biréfringence / pouvoir rotatoire

M14 : Polarisation des ondes EM

M15 : Production et mesure de champ magnétique

M16 Milieux magnétiques

Tester la manip avec milieu diamagnétiques.

Pas besoin de fixer la masse dans le secondaire si on fait l'acquisition en différentielle.

M17 Métaux

Dépendance en T_{amb}

1. Conductivité thermique

Attention : lancer le bain thermostaté dès le début de la préparation.

Pour le transfert thermique latéral : faire la manip de mesure de h et vérifier qu'on retrouve les bonnes conductivités. Attention à avoir une température ambiante constante sur l'échelle de temps du refroidissement

2. Conductivité électrique

Mesure de la conductivité en prenant la ddp à différentes longueurs (montage courte dérivation)

Dépendance en température

Vérification de la loi de Weidemann Franz

3. Propriétés mécaniques

On calcule le module d'Young d'une lame en Dural en mesurant le flambage en fonction de la masse accrochée (télémètre laser + balance). Voir Bruhat pour théorie. Comparer à PVC.

M31 : Résonance

Mise en évidence : expérience introductive

On excite un diapason avec un autre diapason accordé : on montre que ça ne marche pas à une autre fréquence

Régime inductif : la tension est en avance sur le courant. Régime capacitif : le courant est en avance sur la tension

M34 : phénomènes de transport

Attention dépendance en température ambiante

Introduction : Parler de caméra thermique (transport d'énergie par rayonnement).

1. Transport d'énergie (convection)

Mesure de la conductivité thermique de différents métaux.

2. Transport d'énergie électrique (conduction)

Mesure de la conductivité d'un fil de cuivre et dépendance en température (idem Montage 17).

3. Transport de quantité de mouvement (convection forcée)

Écoulement de Poiseuille à partir du vase de Mariotte (idem Montage 3).