

# Stage CIRUISEF de Bambey – Octobre 2015

## Expériences proposées aux stagiaires

La plupart des expériences ont recours à des montages réalisés sur place avec essentiellement des éléments disponibles localement, ou faciles à acquérir par correspondance et de faible coût.

Il ne s'assait pas de faire reproduire par les stagiaires des expériences modèles telles que les font les étudiants de licence, mais de leur montrer l'arrière-plan, celui des concepteurs et des réalisateurs. Nous avons insisté sur les adaptations possibles aux ressources et aux besoins locaux, et montré aussi quelques « expériences de cours » illustrant ceux-ci et motivant les étudiants.

## 1 Statique des fluides

### 1.1 Mesure de pression statique dans un liquide

- Idée générale : Mesurer la variation de pression en fonction de l'altitude dans un fluide dense au repos (liquide)  $P(z) = P_0 - \rho g(z - z_0)$ . On peut en déduire la masse volumique du fluide.
- Matériel : un manomètre (pas à liquide : tautologie !), un récipient, règle graduée.
- Développements possibles : discuter de la pression en mer pour les plongeurs, du problème des pompes à aspiration pour des profondeurs supérieures à 10 m.

### 1.2 Ludion (démonstration de cours)

- Idée générale : un flotteur ouvert en bas contient de l'air et de l'eau, réglé pour juste flotter. Placé dans une bouteille d'eau, ce « sous-marin » descend et remonte selon des variations de pression de la paume de la main sur le goulot : les variations de pression compriment indirectement l'air, remplacé par de l'eau.
- Matériel : Ampoule vide de médicament buvable, bouteille transparente.

### 1.3 Mesure de masse volumique d'un liquide non miscible avec l'eau

- Idée générale : Si on ne dispose pas de manomètre pour mesurer la pression, on peut se servir de relation vue en (1.1) entre pression et hauteur de fluide pour déterminer la masse volumique d'un liquide non miscible avec l'eau. Dans un tube en U dans lequel on place de l'eau et le fluide dont on veut mesurer la masse volumique. La comparaison des hauteurs permet de calculer  $\rho$ , connaissant  $\rho_0$ , masse volumique de l'eau.
- Matériel : un tube transparent en verre en U (ou deux tubes droits liés par un intermédiaire souple en silicone ou PVC), une règle, une potence pour suspendre le tube.
- Développements possibles : se poser la question lorsque  $\rho > \rho_0$  et lorsque  $\rho < \rho_0$ . Essayer plusieurs fluides

### 1.4 Mise en évidence des tensions de surface (démonstrations de cours)

- Idée générale : On fait couler un peu d'eau sur divers matériaux légèrement inclinés. On observe l'étalement plus ou moins net de l'eau, ou la formation de gouttes roulantes (mouillage ou non).
- Matériels : plaque de verre, feuilles de plastiques divers (PVC, Polyéthylène), contreplaqué mélaminé, contreplaqué peint par peinture vinylique...
- Développements possible : ajouter un peu de produit vaisselle à l'eau, ou savonner légèrement les surfaces pour montrer l'influence d'un tensio-actif. On peut aussi comparer le mouillage d'un tissu de coton brut, ou vaporisé d'un spray imperméabilisant, faire flotter une aiguille sur l'eau en prétendant que le fer est moins dense que l'eau ... ce qui est aussi une façon de fabriquer une boussole très sensible et amortie.

### 1.5 Mesure précise de tension superficielle par arrachement (microbalance)

- Idée générale : à l'interface entre deux milieux apparaissent des effets dits effets de surface. En particulier, à l'interface entre l'air, un liquide et un solide on définit des "tensions de surface".

Très schématiquement, on modélise la force exercée sur un solide à l'interface par  $F = \gamma L$ ,  $L$  étant la longueur de contact,  $\gamma$  la constante de tension de surface, caractéristique de l'interface air/liquide. Cette tension peut être mesurée en comparant le poids d'un objet et son poids lorsque l'eau le retient, juste avant l'arrachement. L'arrachement doit se faire très délicatement

- Matériel : Microbalance sensible (10 mg) permettant des « pesées négatives » après tarage, lame couvre-objet, lame souple de suspension (« canne à pêche ») ou fil enroulé sur un axe muni d'un bouton
- Matériel fourni dans le « kit de démarrage » donné à chaque stagiaire.
- C'est la méthode standard de détermination de la tension interfaciale (avec lame de platine au lieu de verre, pour pouvoir détruire les produits organiques qu'elle peut adsorber en la chauffant au rouge).
- Développement possible : ajouter 1 goutte de produit vaisselle à l'eau. La tension superficielle est drastiquement diminuée. Explication de l'effet des tensio-actifs.

### 1.6 Loi de Jurin (dans des tubes)

- Idée initiale : Un liquide monte d'autant plus haut dans un capillaire qu'il est plus fin (rapport circonvérence/surface plus grand). On compare la montée  $h$  d'un liquide dans des capillaires de verre de plusieurs rayons  $r$ . Si le ménisque est sphérique,  $h = 2 \gamma \cos\theta / r \rho g$  ( $\theta$  = angle de raccordement)
- Matériel : Divers tubes de verre, de diamètre intérieur entre 0,5 et 3 mm.
- Un jeu de tubes capillaires a été apporté à Bambey pour démonstration. Mais il devient difficile de se procurer ces tubes capillaires.

### 1.7 Loi de Jurin (dans un dièdre)

- Idée initiale : un liquide monte d'autant plus dans un dièdre (entre deux lames porte-objets de microscopie) que ses parois sont plus proches. Deux lames sont pincées à une extrémité et écartées par une cale, on observe la limite de montée de l'eau de profil. L'expérience montre une surface de liquide formant une branche d'hyperbole.
- Matériel : Deux lames porte-objets de microscopie (données aux stagiaires), une pince de papeterie, une cale d'1 mm (petit foret, par exemple).
- Développement : la photographie permet de vérifier la relation quantitativement et d'évaluer la tension interfaciale.

### 1.8 Mesure précise de tension superficielle par pesée de gouttes

- Idée initiale : Une goutte se décroche d'un compte-gouttes lorsque sa masse dépasse la résistance de sa surface d'accrochage. On pèse 10 ou 20 gouttes. C'est une autre méthode standard de mesure de la tension superficielle.
- Matériel : Compte-gouttes, microbalance (fournis à chaque stagiaire)
- Développement possible : ajout de traces de tensio-actifs. Analyse de la forme de la zone de rupture de la goutte (macrophotographie) : la relation masse de la goutte vs tension superficielle n'est pas rigoureusement linéaire, des tables de correction existent.

## 2 Ecoulements

### 2.0 Expérience de cours préliminaire : visualiser le passage de l'écoulement laminaire à l'écoulement turbulent lorsque l'on augmente le débit.

Les expériences suivantes se limitent au cas de l'écoulement laminaire (dit de Poiseuille). Elles tournent autour de la loi de Bernoulli :  $\frac{1}{2} \rho v^2 + P + \rho gh$  constant le long d'une ligne de champ de vitesse d'un écoulement laminaire.

### 2.1 Vidange d'un réservoir

- Idée générale : Mesurer le temps de vidange d'un réservoir. Vérifier si  $h(t)$  est une fonction linéaire dans le cas d'un réservoir cylindrique, dans le cas d'un réservoir à profil parabolique.
- Matériel : un récipient (bouteille d'eau), une règle graduée, un chronomètre.
- Développements possibles : discussion sur la clepsydre ou horloge à eau.  
Analogie avec la décharge d'un condensateur (en électricité)

## 2.2 Vase de Mariotte

- Idée générale : utiliser l'astuce du vase de Mariotte pour fixer la hauteur d'eau dans le récipient. Il s'agit simplement d'utiliser un bouchon, percé d'un tube dont on peut régler la hauteur. La valeur de  $h$  est alors fixée, et on peut faire plus facilement les mesures de vitesse d'éjection (soit par mesure de débit, soit par mesure de la portée du jet). On vérifie alors la loi  $v(h) = \sqrt{2gh}$ .
- Matériel : un récipient (bouteille d'eau), une règle, une petite éprouvette graduée, un chronomètre.
- Développements possibles : discuter des dispositifs de mesure, du processus d'amélioration d'un dispositif expérimental pour faire des mesures correctes.

## 2.3 Ecoulement aérodynamique

- Idée générale : Mettre en évidence l'effet Venturi : lors du rétrécissement du flux, la pression diminue. On pourra utiliser un tube de Venturi pour mesurer la vitesse de l'écoulement, mais aussi un modèle d'aile d'avion pour mettre en évidence la portance de l'air, par exemple en fonction de l'inclinaison de l'aile.
- Matériel : une soufflerie (que l'on pourra par exemple fabriquer à base d'un ventilateur, ou d'un sèche cheveux), un tube de Venturi (tube à rétrécissement, par exemple à base de tubes PVC et de manchons de réduction), un manomètre de précision (qui peut être fabriqué sur la base d'un tube en U rempli d'eau ou d'huile).
- Développements possibles : discuter de l'efficacité d'une aile d'avion, d'une voile de bateau (« tirée » par le vent). On pourra aussi utiliser le petit logiciel de simulation pédagogique fourni gratuitement par la NASA : <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/foil3.html>.

## 2.4 Ecoulement visqueux : détermination de viscosité par chute de bille.

- Idée générale : Calculer la viscosité d'un ou plusieurs fluide(s). Il suffit de laisser tomber dans un récipient contenant un fluide visqueux (glycérine, produit vaisselle) une petite bille. Le rayon de la bille doit être petit par rapport à celui du récipient.  
Si la vitesse est stabilisée, On a  $\eta = 2gtR^2 (\rho_{\text{bille}} - \rho_{\text{liquide}}) / 9L$
- Matériel : récipient, fluide visqueux, chronomètre, règle ou pied à coulisse, balance.
- Développements possibles : discussion sur le rayon de la bille par rapport au diamètre du tube, .

## 2.5 Ecoulement visqueux dans des tubes (Loi de Poiseuille)

- Idée générale : Le flux d'un fluide incompressible dans un tube, si l'écoulement est laminaire, est :
  - Proportionnel à la différence de pression,
  - Inversement proportionnel à la longueur (donc proportionnel au gradient de pression,
  - Inversement proportionnel à la viscosité,
  - Proportionnel au rayon du tube à la puissance 4 .
- Matériel : Support, réservoir, robinets, tubes plastiques de diamètres et longueurs variées (D 0,5 à 3 mm intérieur, L 1 et 2 m), éprouvette graduée, chronomètre. Un montage avait été apporté à Bambey, on peut se procurer partout les matériaux nécessaires (tubes à scoubidou, gaine de fils électriques rigides soigneusement dépouillés...).
- Développements possibles : Comment vérifier que l'on a bien une loi en R<sup>4</sup>. Schéma de la distribution de l'eau dans un appartement. Observer qu'au-delà d'une certaine vitesse, l'écoulement devient turbulent et que la loi de Poiseuille ne s'applique plus.

## 2.6 Ecoulement dans un milieu poreux (Loi de Darcy).

- Idée générale : dans un milieu poreux (billes de verre dans un gros tube, ou sable ou alluvions), le débit n'est plus proportionnel à R<sup>4</sup>, mais au nombre de passages statistiquement en série-parallèle, donc à la section du gros tube.
- Matériel : Le matériel de base est le même, les tubes fins étant remplacé par un gros tube (diam 1 à 3 cm) plein de billes de verre ou de sable.
- Développements possibles : détermination de la porosité ouverte d'un lit de billes calibrées (pesées à sec et saturé d'eau), de sable tamisé, de sable tout-venant.

## 2.7 Écoulement dans un milieu fluidisé

- Idée générale : Lorsqu'un courant de fluide se fait de bas en haut dans un milieu meuble, il peut mettre en suspension les particules (cf viscosité). Au passage entre l'écoulement type Darcy ci-dessus et l'apparition de la fluidisation, il y a cassure dans les courbes DP – Débit. Dans ces conditions, il y a alors contact intime entre solide et fluide. Si l'on ralentit ou arrête le flux, il y a décantation.
- Matériel : le même que pour la loi de Darcy, avec écoulement de bas en haut.
- Développements possibles : réflexions sur la décantation, les réacteurs chimiques en phases hétérogènes (combustion du charbon, réactions catalytiques), le dépôt de particules en suspension selon leur taille (des sables aux aérosols).

## 3 - Mécanique

### 3.1 Le pendule simple

- Idée générale : une masse est pendue à un fil, on analyse les oscillations (transformations énergie potentielle-énergie cinétique).
- Matériel : support vertical rigide 1 à 1,5 m, masses diverses munies de crochet, balance, chronomètre.
- Développements possibles : Analyse graphique (tableur), étude vitesse (webcam), influence de l'air (grosses masses très légères > amortissement), des oscillations de grande amplitude. Analogies avec masse+ressort, lames vibrantes, quartz (électronique).

### 3.2 L'addition des forces et des vecteurs. Composantes.

- Idée générale : Les étudiants ont beaucoup de difficulté à passer des définitions abstraites des vecteurs et des composantes en mathématiques à leur utilisation en Physique. Pourtant ces notions sont omniprésentes. L'expérience leur fait calculer les composantes de 3 forces concourantes de bilan nul pour matérialiser les concepts. C'est aussi l'occasion d'analyser quantitativement une photographie.
- Matériel : Panneau support (bois), 2 poulies, masses diverses, ficelle, appareil photo, tableur.
- Développements possibles : Evaluation des erreurs possibles dûes aux frottements, à la parallaxe.

### 3.3 Etude de chocs élastiques (projet)

- Idée générale : Manipulation réalisée sur table à coussin d'air dans les universités « riches » : le choc entre deux palets est enregistré par une webcam. Les images sont analysées par un logiciel libre (Avimeca) pour obtenir les composantes de la vitesse avant et après le choc. Vérification de la conservation de l'énergie cinétique et de l'impulsion totale.
- Matériel : Transposition en une dimension : deux masses suspendues à une paire de fils sont lancées sur une trajectoire assimilable à une droite si l'angle est faible. Suivi par webcam comme ci-dessus.
- Extension possible : au lieu de paires de fils guidant les masses, deux fils accrochés au plafond maintenant les masses à 1 m environ du sol, et webcam verticale : le mouvement est pratiquement à deux dimensions. Exploitation comme sur table à coussin d'air (projet, non essayé).

## 4 Energétique et Thermique

### 4.1 Mesure de la capacité calorifique d'un corps

- Idée générale : à l'intérieur d'un calorimètre, qui est une enceinte isolée, si l'on ajoute une masse  $m_1$  à la température  $t_1$  et une masse  $m_2$  à la température  $t_2$  pour obtenir un équilibre à  $t_f$ , on a :  
 $m_1 c_1 (\theta_f - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_f - \theta_2)$ ,  $C_1$  et  $C_2$  étant les capacités calorifiques massiques des deux corps. (1) est constitué d'un matériau de capacité calorifique massique  $c_1$  connue (typiquement l'eau), et on cherche à connaître la capacité  $c_2$  du matériau constituant le système (2).  
On mesure les masses, les températures initiales et la température finale.
- Matériel : un calorimètre (ou bouteille thermos), un système de chauffage, un corps dont on veut mesurer la capacité calorifique, un thermomètre électronique.
- Développements possibles : discussion sur les incertitudes de mesures, comment augmenter la précision de ce genre de manipulation. On pourra prendre en compte la capacité calorifique du

calorimètre, utiliser la méthode de Rumford (évaluation expérimentale des échanges parasites pour faire des corrections). Discussion sur le calorimètre isotherme (Berthelot), le calorimètre adiabatique...

#### **4.2 Mesure de la chaleur latente de fusion de la glace : Méthode des mélanges**

- Idée générale : à l'intérieur du calorimètre, place de l'eau chaude ou un corps chaud, puis l'équilibre avec le calorimètre étant atteint, on note  $q_i$ . On ajoute alors une masse connue de glace fondante (à 0°C). Un nouvel équilibre s'établit. Des masses de départ d'eau chaude et de glace, et des températures initiales et finales, on déduit l'enthalpie de fusion de la glace.
- Matériel : un calorimètre (ou bouteille thermos), de la glace, un thermomètre, une balance.
- Développements possibles : discuter sur l'équilibre thermique lors du changement de phase, etc ...

#### **4.3 Fusion de la glace. Expérience avec calorimètre chauffant et enregistreur de température**

- Idée générale : La loi de la variance, purement conceptuelle ( $v = C + 2 - f$ ) prédit que pour un corps pur (ici de l'eau), à pression constante (pression atmosphérique) un équilibre entre deux phases (ici solide et liquide) ne peut se faire qu'à une seule température (ici 0°C environ). Ce fut logtemps un « point fixe » de l'échelle Celsius.  
On part de glace surgelée et on chauffe très progressivement dans un calorimètre « maison » en notant la puissance et en enregistrant la température. La visualisation de la courbe (tableur) après transfert sur ordinateur montre nettement l'échauffement de la glace, puis sa fusion, puis l'échauffement de l'eau.
- Outre vérification de la loi de la variance dans ce cas, évaluation des enthalpies spécifiques de la glace, de l'eau et de l'enthalpie de fusion.
- Matériel : Calorimètre chauffant (construction « maison »), enregistreur de température (data-logger), balance. (Data-logger et balance fournis aux stagiaires, calorimètre facile à construire).
- Développements possibles : Correction des échanges thermiques avec l'extérieur, analyse des causes des « anomalies » à proximité du début et de la fin de fusion de la glace, de l'importance de l'homogénéisation du milieu, utilité d'un enregistreur mobile pour bien d'autres mesures... etc.

#### **4.4 Construction d'une enceinte thermostatée tout-ou-rien**

- Idée générale : L'indication d'une sonde de température est comparée à une valeur de consigne. Si la température est inférieure à la consigne, on chauffe, si elle lui est supérieure on ne chauffe plus. C'est un exemple typique d'asservissement.
- Matériel : Boîtier ¼ litre, dispositif électronique de régulation (module tout fait), thermostat indépendant de sécurité à bilame, résistance chauffante basse tension, alimentation 12 V 24 W, ventilateur d'homogénéisation. Tout matériel fourni aux stagiaires.
- Développements : Considérations sur la sécurité en cas de panne du régulateur, intérêt de l'homogénéisation (« chaleur tournante »), perfectionnements possibles (régulations tout-ou-rien, proportionnelle, intégrale et dérivée...). Utilisation de ce genre de dispositif dans tous les asservissements (étuves, fours, frigos, climatiseurs, etc.)

#### **4.5 Repérage des températures. Enregistrements et exploitation sur PC des températures**

- Idée générale : Les températures sont l'une des grandeurs les plus mesurées. Il est utile d'avoir une connaissance minimale des capteurs utilisés et de leurs conditions d'utilisation.  
C'est abordé dans le cadre d'un enregistrement par data-logger, transfert sur tableur et analyse des enregistrements.
- Matériels : Enceinte précédente, data-logger, diverses sondes de température (thermocouples, NTC, LM 35 et LM355...). Matériels donnés à tous les stagiaires.
- Développements possibles : choix d'un capteur de température. Dans le cadre de l'étude du régulateur de température, étude du rapport cyclique, de la puissance moyenne, de l'hystérésis, amélioration des performances (optimisation de la puissance de chauffage, isolation des parois, homogénéisation par ventilateur).

#### **4.6 Comparaison de l'efficacité de lampes d'éclairage (projet)**

- Idée générale : Trois ampoules 220V (incandescence, écoflu, LED) sont alimentées via un wattmètre. L'éclairage produit est mesuré pour chacune à 1mètre par un luxmètre.
- Matériels : Pièce sombre, wattmètre bon marché, douilles, ampoules, luxmètre commercial.
- Développements possibles : Colorimétrie (température de couleur), passage des lux aux lumens (intégration), difficultés des mesures d'éclairage (lumière ambiante, réflexions parasites...). Influence sur le rendement (négatif) des dispositifs décoratifs (diffuseurs, abat-jours...).

#### **4.7 Electrochimie : Fabrication d'une pile élémentaire avec les moyens du bord**

- Idée générale : Construction d'une pile à plusieurs éléments à partir de métaux (Zinc, Cuivre) et d'électrolytes inattendus (fruits tels que mandarines...). Allumage d'une LED.
- Matériel : Petites plaques de zinc, (ou clous galvanisés), fil de cuivre pour électricité, LED.
- Il faut 4 ou 5 éléments en série pour alimenter une calculatrice, 6 à 7 pour une LED de 5 mm.
- Développements possibles : Cela fonctionne avec d'autres métaux (fil de fer), mais avec des tensions plus faibles. Introduction à la formation intempestive de piles (corrosion...), mesure de F.E.M de piles (électrochimie), mesure de résistance interne,...

### **5 Electromagnétisme**

#### **5.1 Champ magnétique dans et autour d'une bobine**

- Idée générale : Construction d'une bobine (fil émaillé récupéré d'un transformateur, construction d'un teslamètre à effet Hall.
- Matériel : Tube PVC de plomberie, fil émaillé (récupération de transformateur), sonde analogique à effet Hall, multimètre sensible, teslamètre commercial pour étalonnage. Petis aimants permanents au cobalt.
- Développements possibles : Phénomène réciproque (déplacement d'un aimant > variation du flux magnétique dans une bobine > génération d'une tension aux bornes de la bobine). Etalonnage soigneux d'un appareil de mesure par comparaison. Construction d'un amplificateur d'instrumentation pour augmenter la sensibilité. Effet du passage du courant dans la bobine sur un petit aimant tubulaire (> moteur) ou effet inverse (agiter un aimant dans une bobine > générateur) .

### **6 Optique :**

#### **6.1 Réfraction et réflexion lors de l'arrivée sur un dioptre plan**

- Idée générale : Un rayon laser est envoyé sur un dioptre plan (plaque de plastique acrylique transparent, ou cuve de plastique remplie d'eau contenant des traces de lait pour visualiser le faisceau.  
On observe les « cassures » du faisceau et les réflexions, on repère ceux-ci sur un papier.
- Matériel : Cuves de plexiglass ou d'acrylique, lasers rouge et vert (fournis aux stagiaires).
- Si possible lentille cylindrique (1 cm scié dans un barreau de tige à rideau ou d'agitateur) pour étaler le faisceau dans une direction.
- Développements possibles : Détermination de l'indice (en rouge et en vert), de la dispersion.

#### **6.2 Alignement de lentilles sur un banc d'optique, focométrie par différentes méthodes.**

- Idée générale : manipulations classiques sur banc d'optique
- Matériel commercial, salle quasi-obscur.
- Développements possibles : Toute l'optique instrumentale.

#### **6.3 Distinction entre lentilles convergentes et divergentes, images réelles et images virtuelles**

- Idée générale : Distinction difficile pour les étudiants entre les deux types d'images.
- Matériel commercial, verre dépoli, salle quasi-obscur.
- Développements possibles : Toute l'optique instrumentale.

#### **6.4 Construction d'une lunette astronomique**

- Idée générale : A partir de la construction d'une lunette de Galilée et de son utilisation, introduction des notions d'observation à l'infini, de séparation angulaire, de lentilles épaisses, de distortions géométriques et chromatiques.
- Matériel : objectif (lentille simple de grand diamètre) et oculaire (donné aux stagiaires), tubes de plomberie en PVC
- Développements possibles : sensibilisation à l'astronomie dans des clubs. Un véritable télescope de qualité a été apporté et offert par l'équipe de Marseille.

#### **6.5 Polarisation de la lumière.**

- Idée générale : Introduction par l'observation du bleu du ciel et d'un reflet dans une vitre à l'aide d'un polariseur. Loi de Malus. Mise en évidence du pouvoir rotatoire d'une solution sucrée, analyse quantitative.
- Matériel : Polariseur bon marché (filtre pour photographie), couple polariseur/analyseur, balance.

#### **6.6 Utilisation d'un photodétecteur**

- Idée générale : Construction d'un photodétecteur à partir d'une photodiode ou d'un photo-transistor
- Matériel : Photodiode ou phototransistor, résistance 1 k $\Omega$ , pile, multimètre.

#### **6.7 Interférences : construction d'une fente**

- Idée générale : construire localement un dispositif montrant la diffraction par les bords d'une fente.
- Matériel : Fente entre deux lames de rasoir ou lames de cutter écartées d'environ 0,1 mm.
- Développement : observation d'interférences avec le Soleil et avec un pointeur laser.

#### **6.8 Diffraction : réseau en réflexion à partir d'un CD/DVD**

- Idée générale : Utiliser les fines gravures régulières d'un CD ou DVD commercial. Détermination du nombre de traits par millimètre.
- Matériel : CD ou DVD démunji de sa couche supérieure, support en carton, fente ci-dessus.
- Développement : observation de sources (thermiques ou spectrales).

#### **6.9 Effet photo-électrique**

- Idée générale : On charge un électromètre muni d'une petite plaque de zinc.  
Lorsque la plaque est éclairée par le Soleil direct, l'électromètre se décharge progressivement > démonstration de l'existence d'un seuil d'énergie pour que l'éclairement soit efficace.
- Matériel : papier d'aluminium très mince (électroscope), plaque de zinc, tige de plastique ou de verre électrisable par frottement.
- Développements possibles : interposition d'une lame de verre (arrêt des rayons UV efficaces), éclairage par source de longueur d'onde contrôlée (lampe UV puissante, mais danger !).

#### **6.10 Emission thermique : Thermomètre infra-rouge**

- Idée de départ : L'émission thermique d'un corps idéal (« corps noir » est continue et schématisée par les lois de Wien et de Boltzman: Maximum d'émission pour T telle que  $\lambda T = 2898 \text{ mm.K}$ , et luminance totale proportionnelle à  $T^4$ . Ceci permet la détermination de la température d'un corps à distance, sans contact (pyromètre). Pour les températures proches de l'ambiante, l'émission et donc la mesure se font dans l'infra-rouge, d'où le nom de ces instruments.
- Matériel : Thermomètre infra-rouge au 1/10° donné aux stagiaires.
- Développements possibles : Constater l'effet d'une vitre, généralisation aux mesures de température à distance (astronomie...) ou sans contamination (thermomètres médicaux)..

# Electricité – Electronique

## 7.1 Mesures électriques en courant continu

- Idée de départ : Loi d'Ohm liant l'intensité traversant un conducteur à sa résistance et à la tension appliquée à ses bornes.
- Matériel : Multimètres, jeu de résistances sur supports, câbles avec fiches
- Développements incontournables : Exemples de conducteurs non linéaires (fils métalliques, diodes, petit moteur électrique, ampoule à incandescence...)
- Exemples de capteurs de grandeurs diverses (photodiodes et phototransistors, barrières optiques, résistances CTN, capteurs de pression, sonde magnétique à effet Hall...).
- Développement d'un banc de test adapté aux conditions de T.P. de masse (protection contre les destructions des éléments testés et des appareils de mesure en limitant l'intensité).

## 7.2 Mesures élémentaires en courant alternatif sinusoïdal

- Idée de départ : Comparer intensités et tensions mesurées avec multimètres dans résistances, capacités ou inductances en tension continue et alternatives de diverses fréquences. Puis passer à l'analyse au moyen d'un oscilloscope.
- Matériel : source de tension continue, générateur basse fréquence, 2 multimètres, oscilloscope, câblerie..
- Développements possibles : Constater qu'on ne peut pas connaître la puissance électrique dissipée dans un récepteur quelconque en ne mesurant que tension et intensité. Filtrage du courant continu par une capacité.

## 7.3 Mesures sur des circuits RC en courant alternatif sinusoïdal

- Idée de départ : Observer les différences de phases entre intensité et courant dans des circuits RC, LC et LC en courant alternatif de fréquences diverses.
- Matériels : Résistances, capacités, bobines. Générateur basse fréquence et oscilloscope bicourbe, câblerie.
- Développements possibles : construction et utilisation de filtres passe-haut, passe-bas, passe-bande.

## 7.4 Réalisation de montages électroniques simples ou complexes (soudure)

- Idées de départ : Qu'il s'agisse de maintenance, de réalisation ou d'adaptation de montages, un enseignant de TP est amené à réaliser des soudures (brasures) propres et fiables. Il convient donc d'acquérir le savoir-faire correspondant. Un fer à souder professionnel (à régulation thermostatique) est fourni aux stagiaires, ainsi qu'un lot de circuits imprimés pré-perçés à pastilles, de fil de câblage et d'éléments électroniques (résistances, diodes, LEDS, potentiomètres, capacités, supports de piles, etc. Il s'agit de s'exercer à réaliser des montages très simples, mais soudés.
- Matériel : Fer à souder, brasure étain-plomb, circuits imprimés vierges, pièces électroniques diverses.
- Développements possibles : Il n'est pas question de réaliser des circuits imprimés complexes, mais bien des montages simples peuvent être faits avec des plaques standard. On est amené également à assembler ou adapter des modules commerciaux bon marché pour remplir une fonction non prévue (par exemple limiter un courant avec un « driver » de LEDS d'éclairage à 4 €).

## 7.5 Utilisation d'un microordinateur (muni d'une carte son) comme oscilloscope (projet)

- Idée de départ : utiliser l'entrée « ligne » ou l'entrée « microphone » d'un microordinateur pour analyser des tensions alternatives. Il faut concevoir et réaliser un module d'adaptation du signal à mesurer aux limitations intrinsèques d'une carte son d'ordinateur, calibrer et qualifier cet appareil de mesure non commercial.
- Matériels : Pièces électroniques courantes, circuit imprimé à pastilles standard, fer à souder, microordinateur, générateur basse fréquence.
- Développement possible : analyse de signaux au moyen d'un logiciel type « Audacity ».