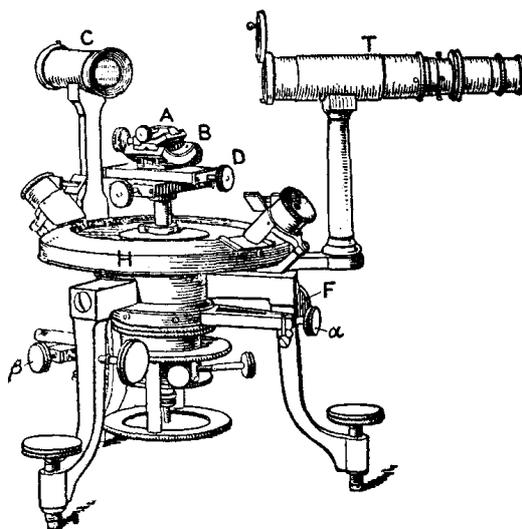


---

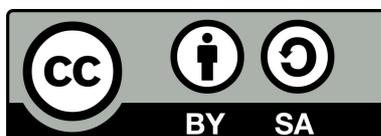
# Plans pour les montages de physique du CAPES

Année 2012 – 2013

---



Ce document propose un ensemble de plans pour l'épreuve orale de montage de physique du CAPES externe de physique-chimie. Il faut les voir comme une aide à la rédaction de vos propres plans qui doivent être personnels.



Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International. Fondée sur une œuvre hébergée sur :

*[www.phy-chim.blogspot.fr](http://www.phy-chim.blogspot.fr)*

# Sommaire

<b>1.MONTAGE N°1 : RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE.....</b>	<b>6</b>
1.1.Loix de Snell-Descartes	
1.1.1.1ère loi de Snell-Descartes	
1.1.2.2ème loi de Snell-Descartes	
1.2.Applications	
1.2.1.Étude d'un prisme	
1.2.2.Transport de l'information	
1.3.Détermination de l'angle de Brewster	
<b>2.MONTAGE N°2 : FORMATION DES IMAGES, IMAGES NUMÉRIQUES.....</b>	<b>7</b>
2.1.Exemple de dispositif pour former une image : les lentilles minces	
2.2.Limites des lentilles	
2.3.Réalisation d'un capteur CCD	
2.4.Application à l'astrophysique	
<b>3.MONTAGE N°3 : PRINCIPE D'UN INSTRUMENT D'OPTIQUE.....</b>	<b>8</b>
3.1.Réalisation d'une lunette astronomique	
3.2.Détermination du grossissement	
3.3.Détermination du cercle oculaire.	
3.4.Diaphragme de champ et d'ouverture	
<b>4.MONTAGE N°4 : INTERFÉRENCES LUMINEUSES.....</b>	<b>9</b>
4.1.Mise en évidence du phénomène d'interférence	
4.2.Interférence à l'aide de fentes d'Young	
4.3.Applications	
4.4.Cas limite à N fentes	
4.5.Interférence localisées	
<b>5.MONTAGE N°5 : ONDES ACOUSTIQUES ; ACOUSTIQUE MUSICALE.....</b>	<b>10</b>
5.1.Mesure de la célérité des ondes sonores	
5.2.Caractéristiques d'un son	
5.2.1.La hauteur	
5.2.2.L'intensité	
5.2.3.Le timbre	
5.3.Nature ondulatoire du son	
<b>6.MONTAGE N°6 : PROPAGATION DES ONDES DANS DIFFÉRENTS DOMAINES DE LA PHYSIQUE, APPLICATION AU CÂBLE COAXIAL.....</b>	<b>11</b>
6.1.Expérience d'introduction	
6.2.Cuve à onde	
6.3.Calcul de la célérité d'une onde dans l'eau et dans l'air	
6.4.Ondes stationnaires	
6.5.Application au câble coaxial (obligatoire)	
<b>7.MONTAGE N°7 : POLARISATION DE LA LUMIÈRE.....</b>	<b>12</b>
7.1.Les polariseurs : fonctionnement et utilisation	
7.1.1.Direction de polarisation	
7.1.2.Loi de Malus	
7.2.Comportement après une réflexion	
7.3.Lames à retard	
7.4.Matériaux de la vie courante	
<b>8.MONTAGE N°8 : LES LOIS DE NEWTON.....</b>	<b>13</b>

8.1.1ère loi de Newton	
8.2.2ème loi de Newton	
8.3.3ème loi de Newton	
8.3.1.Détermination de FA/B et FB/A	
<b>9.MONTAGE N°9 : OSCILLATEURS EN MÉCANIQUE.....</b>	<b>14</b>
9.1.Oscillations libres non amorties	
9.1.1.Pendule à ressort vertical	
9.1.2.Pendule simple	
9.2.Oscillations forcées amorties	
9.2.1.Régime transitoire et permanent	
9.2.2.Étude du pendule de Pohl	
<b>10.MONTAGE N°10 : SOLIDE MOBILE AUTOUR D'UN AXE FIXE.....</b>	<b>15</b>
10.1.Théorème des moments version statique	
10.2.Force exercée par une masse en rotation	
10.2.1.Mise en évidence	
10.2.2.Influence de divers paramètres	
10.3.Mesure d'un moment d'inertie	
10.4.Effet gyroscopique	
<b>11.MONTAGE N°11 : CONSERVATION ET NON CONSERVATION DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE.....</b>	<b>16</b>
11.1.Chute libre avec et sans frottements	
11.2.Choc avec et sans conservation de l'énergie mécanique	
11.3.Pendule simple avec ou sans frottements	
11.4.Chute libre et rebond	
<b>12.MONTAGE N°12 : STATIQUE ET DYNAMIQUE DES FLUIDES.....</b>	<b>17</b>
12.1.Pression dans une phase liquide	
12.2.Mesure de la masse volumique d'une huile.	
12.3.Expression de la poussée d'Archimède	
12.4.Formule de Torricelli	
12.5.Limite du modèle	
12.6.Application	
<b>13.MONTAGE N°13 : MESURE DE PUISSANCES EN ÉLECTRICITÉ.....</b>	<b>18</b>
13.1.Mesure de l'impédance de différents dipôles	
13.1.1.La résistance	
13.1.2.Le condensateur	
13.1.3.La bobine	
13.2.Détermination d'une puissance active	
13.3.Amélioration du facteur de qualité	
13.4.Adaptation d'impédance	
<b>14.MONTAGE N°14 : CHAMPS MAGNÉTIQUES : PRODUCTION ET MESURE.....</b>	<b>20</b>
14.1.Production d'un champ magnétique	
14.1.1.Par un aimant permanent	
14.1.2.Par la circulation d'un courant	
14.2.Caractéristiques du champ magnétique	
14.3.Mesure d'un champ magnétique	
14.3.1.Utilisation du teslamètre	
14.3.2.Mesure du champ magnétique terrestre	
<b>15.MONTAGE N°15 : INDUCTION ET AUTO INDUCTION.....</b>	<b>20</b>
15.1.Illustration du phénomène d'induction.	
15.2.Loi de Lenz-Faraday	
15.3.Auto induction	

15.4.Applications	
15.4.1.Freinage par courant de Foucault	
15.4.2.Transformateur	
<b>16.MONTAGE N°16 : RÉGIMES TRANSITOIRES EN ÉLECTRICITÉ.....</b>	<b>21</b>
16.1.Étude d'un circuit RL	
16.1.1.Étude qualitative	
16.1.2.Étude quantitative	
16.2.Étude d'un circuit RLC série	
16.2.1.Étude en continu	
16.2.2.Étude énergétique	
<b>17.MONTAGE N°17 : OSCILLATIONS FORCÉES EN ÉLECTRICITÉ.....</b>	<b>22</b>
17.1.Étude du circuit RC série	
17.2.Étude du circuit RLC série	
17.3.Application : filtrage électronique	
<b>18.MONTAGE N°18 : CAPTEURS.....</b>	<b>23</b>
18.1.Présentation de quelques capteurs	
18.1.1.La photorésistance	
18.1.2.La photodiode	
18.1.3.La thermistance	
18.2.Applications	
18.2.1.La commande de réverbère	
18.2.2.Le récepteur de télécommande	
<b>19.MONTAGE N°19 : RAYONNEMENT ET TEMPÉRATURE.....</b>	<b>24</b>
19.1.Influence de la température sur l'allure du spectre	
19.2.Loi de Stefan	
19.3.Cube de Leslie	
19.4.Source froide : lampe fluocompacte	
<b>20.MONTAGE N°20 : TRANSPORT DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE. SÉCURITÉ DES PERSONNES ET DES MATÉRIELS.....</b>	<b>25</b>
20.1.Transport de l'énergie	
20.1.1.Transport en basse tension.	
20.1.2.Transport en haute tension	
20.1.3.Fonctionnement d'un transformateur	
20.2.Sécurité des biens et des personnes	
20.2.1.Sécurité des biens	
20.2.2.Sécurité des personnes	
<b>21.MONTAGE N°21 : CONDUCTION THERMIQUE, CAPACITÉ THERMIQUE ET ENTHALPIE DE CHANGEMENT D'ÉTAT.....</b>	<b>26</b>
21.1.La conduction thermique	
21.2.Mesure de capacité thermique	
21.2.1.Valeur en eau du calorimètre	
21.2.2.Mesure de la capacité thermique de l'eau	
21.2.3.Mesure de la capacité thermique d'un métal	
21.3.Mesure d'une enthalpie de changement d'état	
<b>22.MONTAGE N°22 : ÉMISSION ET ABSORPTION DANS LE DOMAINE DE L'OPTIQUE ; MESURE DE LONGUEURS D'ONDE.....</b>	<b>27</b>
22.1.Spectres continus	
22.1.1.Spectres d'émission	
22.1.2.Spectres d'absorption	
22.2.Spectres de raies	

22.2.1.	<i>Spectres d'émission</i>	
22.2.2.	<i>Spectre d'absorption</i>	
<b>23.</b>	<b>MONTAGE N°23 : DIFFRACTION DANS DIFFÉRENTS DOMAINES DE LA PHYSIQUE.....</b>	<b>28</b>
23.1.	Diffraction à la surface de l'eau	
23.2.	Diffraction des ondes sonores	
23.3.	Diffraction des ondes lumineuses	
23.4.	Application : la strioscopie	
<b>24.</b>	<b>MONTAGE N°24 : RÉSONANCE DANS DIFFÉRENTS DOMAINES DE LA PHYSIQUE.....</b>	<b>29</b>
24.1.	Résonance en acoustique	
24.2.	Résonance en électricité	
24.2.1.	<i>Courbe de résonance en tension</i>	
24.2.2.	<i>Déphasage courant-tension</i>	
24.3.	Résonance en mécanique	
<b>25.</b>	<b>MONTAGE N°25 : FILTRAGE ET ANALYSE HARMONIQUE.....</b>	<b>30</b>
25.1.	Analyse harmonique d'un son	
25.2.	Filtrage électronique	
25.3.	Filtrage optique	

## 1. Montage n°1 : Réfraction de la lumière

Dans un milieu homogène isotrope, la lumière se propage en ligne droite.

Qu'en est-il à la traversée d'un dioptre ?

Expérience d'introduction : Mise en évidence de la réfraction, passage de la lumière à travers un parallélépipède de plexiglas → les rayons lumineux sont déviés.

### 1.1. Lois de Snell-Descartes

#### 1.1.1. 1ère loi de Snell-Descartes

On matérialise le plan d'incidence avec des fils à plomb. On vérifie que le rayon réfracté et le rayon réfléchi sont dans le plan d'incidence.

Si on ne dispose pas de fils à plomb, on peut également vérifier que les rayons incidents, réfléchis et réfractés sont dans le plan du tableau.

#### 1.1.2. 2ème loi de Snell-Descartes

Réfraction et réflexion sur un demi cylindre de plexiglas. Il faut faire une régression linéaire de  $\sin(r)$  en fonction de  $\sin(i)$  sur Regressi. On trouve que  $\sin(r)$  est proportionnel à  $\sin(i)$  et la pente donne  $n_1/n_2$ .

Introduction du phénomène de réflexion totale. On fait rentrer le faisceau de lumière via la face courbée du demi-cylindre. On montre qu'au delà d'un certain angle il y a un réflexion totale.

L'angle limite est donné par :  $\sin(i_{limite}) = \frac{1}{n} \sin(90^\circ)$ .

### 1.2. Applications

#### 1.2.1. Étude d'un prisme

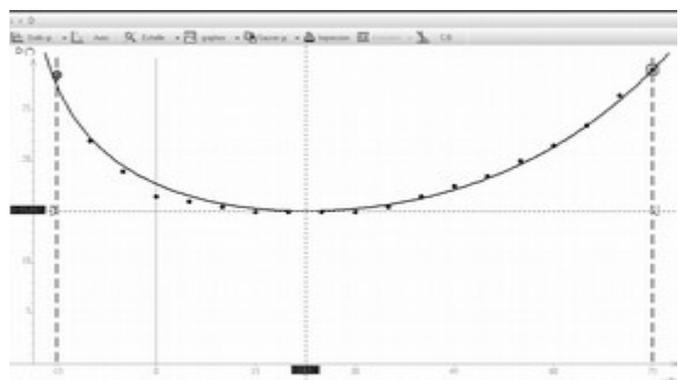
On veut déterminer le minimum de déviation d'un prisme. On trace l'angle de déviation  $D = (i_f - i_s)$  en fonction de  $i$ . On détermine le minimum.

La formule théorique est :

$$n \cdot \sin\left(\frac{A}{2}\right) = \sin\left(\frac{A + D_m}{2}\right).$$

On utilise un prisme pour décomposer la

lumière blanche. L'indice du matériau qui compose le prisme dépend de la longueur d'onde. La



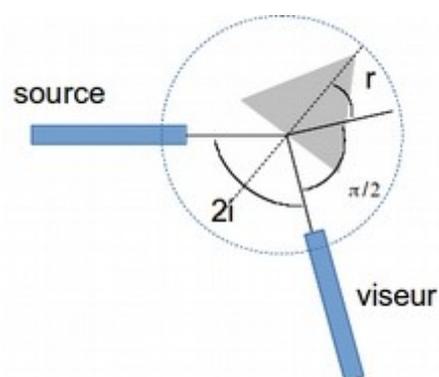
loi de Cauchy donne :  $n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2}$ . On peut montrer cela de manière qualitative à l'aide de faisceaux rouge, vert et bleu.

### 1.2.2. Transport de l'information

On fait rentrer un faisceau lumineux dans un guide d'onde (en plexiglas) pour illustrer le principe de la fibre optique à saut d'indice. Pour certains angles assez grands il y a réflexion totale. En effet l'indice du plexiglas est supérieur à celui de l'air donc l'angle réfracté est plus grand que l'angle incident et pour certaines valeurs de l'angle incident, l'angle réfracté n'existe pas.

### 1.3. Détermination de l'angle de Brewster

On envoie une lumière polarisée dans le plan du schéma ci contre. À l'aide d'un goniomètre, on détermine l'angle qui annule la lumière en sortie du dispositif, c'est l'angle de Brewster. Dans le cas d'une lumière quelconque en entrée, la lumière en sortie est polarisée rectilignement (on peut le mettre en évidence avec un polariseur). L'angle de Brewster est tel que l'angle entre le rayon réfracté et l'angle réfléchi est de  $\pi/2$ . La formule théorique est



$$\theta_{Brewster} = \arctan\left(\frac{n_{prisme}}{n_{air}}\right).$$

## 2. Montage n°2 : Formation des images, images numériques

### 2.1. Exemple de dispositif pour former une image : les lentilles minces

On montre qu'une lentille mince permet effectivement de former une image réelle après celle-ci.

On peut étudier la dépendance de  $\frac{1}{OA'} = f \left( \frac{1}{OA} \right)$ . On doit trouver une pente de 1 et une ordonnée à l'origine de  $\frac{1}{f'}$ . On compare alors ce résultat à la valeur de  $f'$  trouvé par la méthode d'autocolimation.

### 2.2. Limites des lentilles

On montre l'effet d'aberrations chromatiques dues aux variations d'indice avec la longueur

d'onde. On intercale un filtre rouge, vert puis bleu et on montre qu'il faut déplacer l'écran pour observer une image nette. La distance focale dépend de la longueur d'onde.

On montre les effets d'aberrations géométriques en coussinet ou en barillet. Ceci est dû au fait que l'image faite par la lentille n'est pas contenue dans un plan mais elle est courbée.

### 2.3. Réalisation d'un capteur lumineux

On réalise un capteur lumineux à l'aide d'une photodiode en série avec une résistance ( $1M\Omega$ ). On veille à polariser la photodiode en inverse. On mesure alors le courant inverse en fonction de l'éclairement. Plus l'éclairement est intense et plus l'intensité est importante. On a codé l'information lumineuse en signal électrique (intensité ou tension)

### 2.4. Application à l'astrophysique

On montre le principe d'un télescope avec un miroir sphérique et un petit miroir le tout sur un panneau magnétique.

Problème : comment quantifier l'intensité lumineuse du spectre issu de l'image du télescope.

On prend en photo un spectre obtenu à l'aide d'un réseau. On traite cette image à l'aide de Regavi et on montre que l'image numérique permet de quantifier l'intensité lumineuse dans le spectre.

Remarque : cette méthode est assez rudimentaire et il faut prendre en compte la courbe de réponse du capteur optique utilisé pour prendre la photo. En effet sa sensibilité dépend de la longueur d'onde.

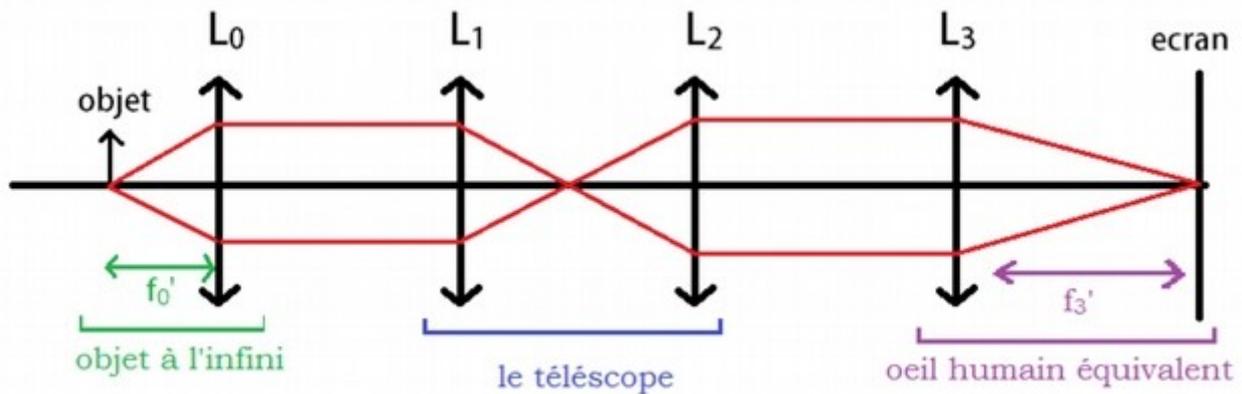
## 3. Montage n°3 : Principe d'un instrument d'optique

---

La lunette astronomique a pour but l'observation d'objets lointains. Elle est constituée d'un objectif et d'un oculaire. Ce système est afocale.

### 3.1. Réalisation d'une lunette astronomique

On place un objet au foyer objet d'une lentille  $L_0$  pour faire en sorte qu'il soit envoyé à l'infini (par autocollimation). Deux lentilles  $L_1$  et  $L_2$  dont le foyer image de l'un est confondu avec le foyer objet de l'autre (système afocal). Ces lentilles constituent la lunette astronomique. Une lentille  $L_3$  avec un écran au foyer image de celui ci constituent l'œil.



### 3.2. Détermination du grossissement

Le grossissement est  $G = \frac{f_1}{f_2}$ . Il faut donc prendre une focale  $f_1$  plus grande que  $f_2$  pour avoir un grossissement plus grand que 1.

On mesure l'angle  $\beta$  en sorti du dispositif grâce à la relation  $\beta = \frac{\text{taille image}}{f_3}$ .

De même, on mesure  $\alpha$  en enlevant le télescope et via la même relation.

On en déduit le grossissement  $G = \frac{\beta}{\alpha}$ .

### 3.3. Détermination du cercle oculaire.

On détermine la taille de l'image de l'objectif par l'oculaire. Pour cela on remplace l'objet par un diaphragme qui devra éclairer complètement  $L_1$ . Cette taille doit correspondre à peu près à la taille de la pupille de l'œil pour que celui-ci capte un maximum de lumière.

### 3.4. Diaphragme de champ et d'ouverture

On montre que si on place un diaphragme avant  $L_1$ , la luminosité de l'image diminue. C'est un diaphragme de d'ouverture. Si on place un diaphragme avant  $L_2$ , la luminosité reste la même mais l'image est tronquée. C'est un diaphragme de champ.

On peut aussi mettre en évidence le fait que la lunette concentre la lumière en mesurant le flux lumineux à l'entrée de la lunette et celui au niveau du cercle collecteur.

## 4. Montage n°4 : Interférences lumineuses

### 4.1. Mise en évidence du phénomène d'interférence

On utilise un miroir de Fresnel. Les miroirs sont éclairés en incidence rasante à l'aide d'une fente source dont on a préalablement formé l'image sur un écran. On observe alors l'image des deux sources secondaires sur l'écran. On enlève alors la lentille de projection et on observe une zone où il y a interférence.

## 4.2. Interférence à l'aide de fentes d'Young

On éclaire des fentes d'Young à l'aide d'un laser. On peut alors observer la figure d'interférence (non localisée) sur un écran. On met en évidence l'influence des divers paramètres sur l'interfrange qui vaut :  $i = \frac{\lambda \times D}{a}$ . Pour cela on trace  $i = f(D)$  et  $i = f(1/a)$  et on montre qu'on obtient des droites dans les deux cas.

## 4.3. Applications

On prend une fente d'espacement connu, on choisit une distance D connue. En mesurant l'interfrange obtenu en utilisant un laser, on peut remonter à la longueur d'onde de ce dernier.

## 4.4. Cas limite à N fentes

On réalise un montage à 2, 3, 4 ... fentes et on réalise l'image de la figure d'interférence obtenue en lumière blanche sur un écran. Les franges sont beaucoup plus fines et on constate que les maxima secondaires sont beaucoup moins importants. Le cas limite est celui du réseau.

## 4.5. Interférence localisées

À l'aide du dispositif des anneaux de Newton éclairé en lumière blanche ou avec une lampe spectrale, on montre qu'il existe des interférences localisées sur le dispositif. On projette ces interférences sur un écran à l'aide d'une lentille.

# 5. Montage n°5 : Ondes acoustiques ; acoustique musicale

---

## 5.1. Mesure de la célérité des ondes sonores

On utilise un dispositif avec émetteur ultra-son et micro. Pour mesurer la vitesse de propagation des ondes sonores, on place le détecteur à une distance d1 de l'émetteur. On mesure le retard pour une salve d'ultrasons. On place alors le récepteur à une distance d2 de l'émetteur. On mesure un second retard. La différence des retard et des distance permet d'en déduire c via la

$$\text{relation : } c = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

On peut aussi, si on connaît la fréquence de l'onde sonore, déterminer c en mesurant  $\lambda$ . On en déduit alors c via la relation  $c = f \cdot \lambda$ .

## 5.2. Caractéristiques d'un son

### 5.2.1. La hauteur

On alimente un haut parleur à l'aide d'un GBF. On montre que la hauteur du son dépend de la fréquence.

### 5.2.2. L'intensité

On observe que l'intensité sonore du son dépend de la tension d'alimentation du haut parleur.

### 5.2.3. Le timbre

On effectue, à l'aide d'Audacity, des enregistrements sonores pour différents instruments. On trace le spectre de Fourier grâce à l'option intégrée où à l'aide . On peut aussi observer le sonagramme qui donne le spectre en fonction du temps.

On refait l'expérience avec un diapason.

## 5.3. Nature ondulatoire du son

On utilise deux diapasons. On fait sonner le premier diapason dans le but d'exciter le deuxième. On coupe alors le premier et on constate que le deuxième sonne toujours. Une onde s'est propagée du premier au deuxième diapason.

On place un réveil sous une cloche à vide et on constate que le son est fortement atténué. Le son a besoin de matière pour se propager.

On excite un haut parleur devant une bougie. La flamme est perturbée verticalement. Le son est une onde longitudinale.

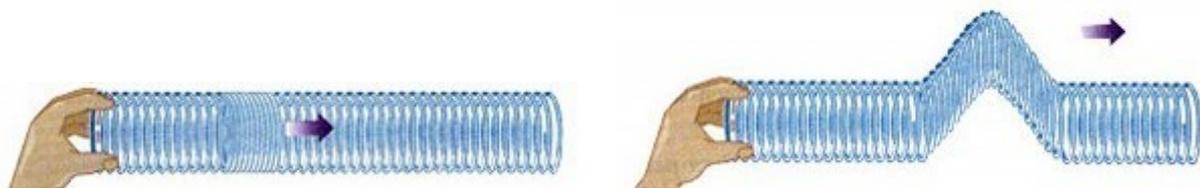
On peut aussi essayer de montrer l'additivité des amplitudes en obtenant un phénomène de battement avec deux diapasons.

## 6. Montage n°6 : Propagation des ondes dans différents domaines de la physique, application au câble coaxial

Définition des ondes. Ondes mécaniques et électromagnétique.

### 6.1. Expérience d'introduction

À l'aide d'un ressort on illustre le concept d'onde longitudinale et d'onde transversale.



### 6.2. Cuve à onde

Illustration de la transmission, diffraction, interférences.

### 6.3. Calcul de la célérité d'une onde dans l'eau et dans l'air

Pour cela on va utiliser un émetteur et un récepteur à ultrasons. On détermine  $\lambda$  en décalant le récepteur. On connaît  $f$  et on en déduit  $c = f \times \lambda$ .

## 6.4. Ondes stationnaires

On réalise une corde de Melde à l'aide d'une masse, d'une corde et d'un vibreur alimenté par un GBF. On fait varier la tension de la corde en changeant la masse. A l'aide d'un stroboscope on se positionne à une fréquence propre du système. On peut alors montrer que  $c = f \times \lambda$  (calculé)

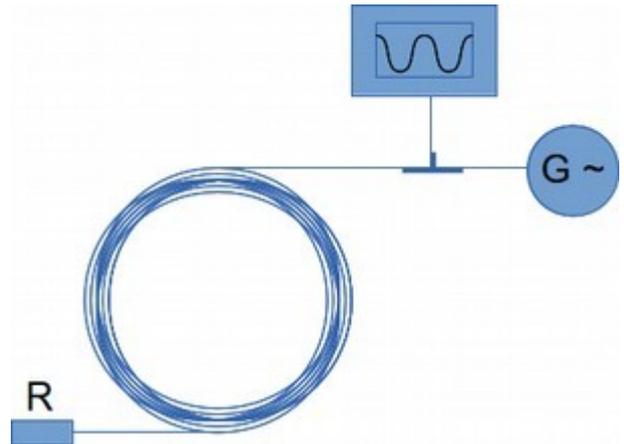
varie bien en  $\sqrt{T}$  (en effet  $c = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ ).

## 6.5. Application au câble coaxial (obligatoire)

On branche un générateur et un oscilloscope en entrée du câble coaxial. En sortie on met une résistance soit nulle (fil), soit infinie (fil coupé) soit de  $50\Omega$ . On constate que lorsqu'il y a adaptation d'impédance, il n'y a plus de signal réfléchi.

On remarque également que le signal est plus ou moins atténué suivant la fréquence choisie.

On peut calculer la vitesse de propagation de l'onde électromagnétique dans le câble en mesurant le délai entre le signal émis et le signal réfléchi.



## 7. Montage n°7 : Polarisation de la lumière

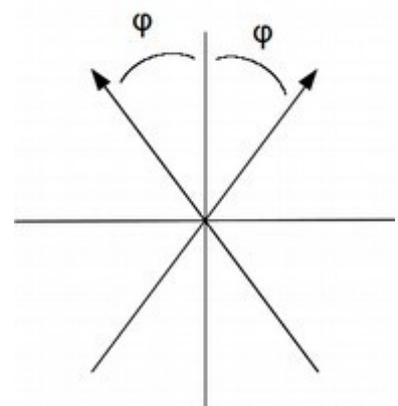
On place un polariseur devant un écran LCD et on montre que bien orienté, le polariseur coupe la lumière. L'optique géométrique ne suffit pas pour expliquer ce phénomène.

### 7.1. Les polariseurs : fonctionnement et utilisation

#### 7.1.1. Direction de polarisation

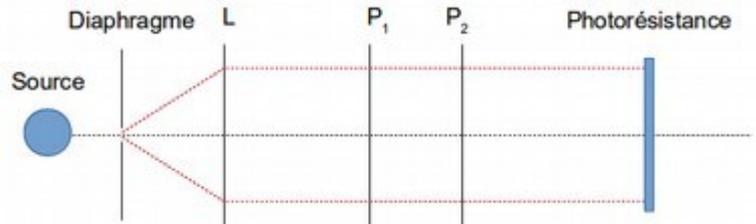
On construit une source ponctuelle placée à l'infini à l'aide d'une lanterne et d'une lentille. On va déterminer la direction de polarisation d'un polariseur à l'aide d'un second polariseur (analyseur). Pour cela on place l'analyseur de telle sorte à ce qu'il soit bloquant. Puis on fait de même après avoir fait pivoter le polariseur de  $180^\circ$  selon son l'axe de son support. L'angle entre les deux positions bloquantes vaut  $2\varphi$ .

Au passage on remarque que la lumière en sortie d'un polariseur est polarisée rectilignement.



### 7.1.2. Loi de Malus

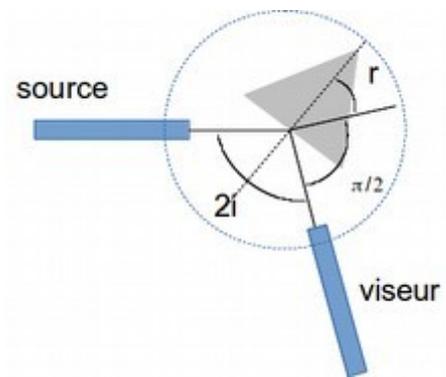
Si on place deux polariseurs l'un après l'autre, en sortie la luminosité doit être de la forme suivante :  $I = I_0 \times \cos^2(\theta)$ . Pour vérifier cette loi, on place les deux polariseurs en position croisée ( $\theta = 0^\circ$ ).



Il faut alors mesurer l'intensité lumineuse en fonction de  $\theta$ . Pour mesurer l'intensité lumineuse on utilise une photorésistance étalonnée à l'aide d'un luxmètre.

### 7.2. Comportement après une réflexion

On envoie une lumière polarisée perpendiculaire à la face du prisme. À l'aide du goniomètre, on détermine l'angle qui annule la lumière en sortie du dispositif, c'est l'angle de Brewster. Il est tel que l'angle entre le rayon réfracté et l'angle réfléchi est de  $\pi/2$ .



### 7.3. Lames à retard

Entre deux polariseurs on intercale des lames  $\lambda/2$  et  $\lambda/4$ .

On montre que de telles lames possèdent des lignes dites neutres en plaçant deux polariseurs en positions bloquantes et en faisant en sorte que la polarisation ne soit pas affectée par la lame.

On étudie la polarisation de la lumière après les lames à retard.

### 7.4. Matériaux de la vie courante

On place du scotch entre deux polariseurs et on projette l'image sur un écran. On doit observer des couleurs vives. Cela est dû au fait que le retard introduit par le scotch dépend de la longueur d'onde.

On observe une feuille à l'aide d'un spath d'Islande et on montre l'existence de 2 images polarisées différemment.

## 8. Montage n°8 : Les lois de Newton

Introduction : Historique sur Newton

### 8.1. 1ère loi de Newton

On montre que le centre de gravité d'un mobile a un mouvement rectiligne uniforme lorsque la résultante des forces est nulle.

→ Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie G d'un solide soumis à un ensemble de forces dont la somme vectorielle est nulle est soit au repos, soit animé d'un mouvement rectiligne et uniforme.

## 8.2. 2ème loi de Newton

→ Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces appliquées à un objet ponctuel est égale au produit de la masse de l'objet par son vecteur accélération.

Mobile autoporteur sur un plan incliné. Mouvement parabolique et mesure de g.

## 8.3. 3ème loi de Newton

### 8.3.1. Détermination de $F_{A/B}$ et $F_{B/A}$

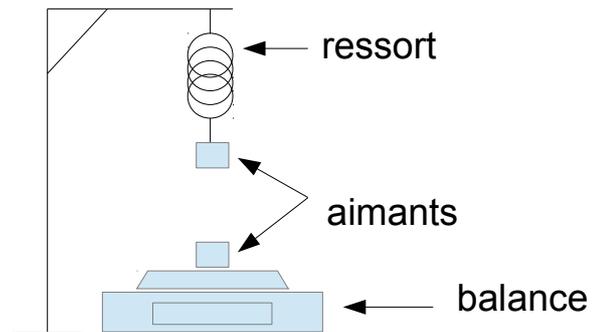
On connaît  $P(A)$  et  $P(B)$ .

On mesure  $P_{app}(A)$  et  $P_{app}(B)$ .

On en déduit  $F_{A/B}$  et  $F_{B/A}$ .

On doit trouver une pente de 1.

On peut aussi relier 2 dynamomètres entre eux et constater que  $F_{A/B} = F_{B/A}$



## 9. Montage n°9 : Oscillateurs en mécanique

L'équation générale d'un oscillateur harmonique est :  $\ddot{q} + 2\lambda \dot{q} + \omega_0^2 q = 0$ . Tous les oscillateurs sont-ils harmoniques ? Quelles sont les conséquences de cette équation ?

### 9.1. Oscillations libres non amorties

#### 9.1.1. Pendule à ressort vertical

On détermine la période d'oscillation d'un pendule à ressort vertical en mesurant le temps mis pour faire une dizaine d'oscillations. Pour déterminer la constante de raideur, il faut considérer la situation à l'équilibre avec une masse bien connue.

On applique la 2ème loi de Newton et on trouve :  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ .

#### 9.1.2. Pendule simple

On mesure la période des oscillations du pendule simple pour différentes valeurs de l'angle initial. On montre qu'il n'y a pas d'isochronisme des oscillations pour les grandes oscillations.

On peut également mesurer grâce à une interface Orphy-GTS les valeurs de l'angle en fonction du temps et montrer que pour de grandes amplitudes, les oscillations ne sont pas sinusoïdales.

On peut le voir en représentant le spectre de Fourier.

Enfin on étudie l'influence des différents paramètres ( $l$ ,  $m$  et  $\theta_0$ ) sur la période. On pourra faire

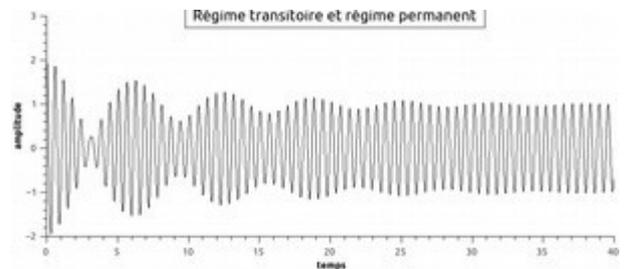
une étude détaillée pour la longueur et représenter  $T = f(l)$ .

On montre à l'aide d'un logiciel de capture et pointage qu'il y a conversion d'énergie lors des oscillations.  $E_c \leftrightarrow E_p$ .

## 9.2. Oscillations forcées amorties

### 9.2.1. Régime transitoire et permanent

On montre, à l'aide du pendule de Pohl, que, suivant l'amortissement on sera soit en régime pseudo-périodique, critique ou aperiodique. Dans tous les cas on a un régime transitoire puis un régime permanent.



### 9.2.2. Étude du pendule de Pohl

On mesure la période propre du pendule de Pohl. Ensuite on peut tracer la courbe de résonance du pendule en faisant varier la fréquence d'excitation (avec un faible amortissement).

## 10. Montage n°10 : Solide mobile autour d'un axe fixe

### 10.1. Théorème des moments version statique

On accroche plusieurs masses sur une barre. On montre que lorsque la barre est immobile, les moments se compensent :  $\sum \vec{M}_{i0}(\vec{F}_i) = \sum \pm r_i \times P_i = 0$ . C'est la version statique du théorème des moments.

### 10.2. Force exercée par une masse en rotation

#### 10.2.1. Mise en évidence

On prend un mobile autoporteur que l'on fait tourner autour d'un axe. On montre que l'accélération est centripète. Le fil exerce donc une tension sur la masse qui elle exerce une force sur l'axe.  $\vec{T} = m \vec{a}$ .

#### 10.2.2. Influence de divers paramètres

On mesure la vitesse de rotation et on montre que la force exercée par la masse est une fonction linéaire de  $\omega^2$ . On peut ensuite montrer que cette force est inversement proportionnelle à la

distance masse-axe. La théorie prévoit :  $\vec{F} = -m \vec{a} = m \frac{v^2}{r}$ .

### 10.3. Mesure d'un moment d'inertie

On fait chuter une masse  $m$  d'une hauteur  $h$  pour mettre en rotation un disque de moment

d'inertie  $I$  par rapport à son axe. Une étude énergétique prévoit :

$$E_f = E_i \rightarrow \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_f^2 = m \cdot g \cdot h$$

On peut en déduire le moment d'inertie du solide en rotation.

On a aussi :  $m \vec{a} = m \vec{g} - \vec{T}$  et  $I \cdot \frac{d\omega}{dt} = \sum \vec{M}_{/O}(\vec{F}_i) = \vec{T} \wedge \vec{r}$  et  $a = r \dot{\omega}$

D'où :  $I \cdot \frac{d\omega}{dt} = \sum \vec{M}_{/O}(\vec{F}_i) = \vec{T} \wedge \vec{r}$  et finalement on trouve :  $\dot{\omega} = \ddot{\theta} = \frac{mgr}{I + mr^2}$

Donc on peut ajuster la courbe  $\omega = f(t)$  par  $\omega = a \cdot t + b$ .

## 10.4. Effet gyroscopique

On montre qu'un gyroscope permet de stabiliser une masse autour de sa position d'équilibre. En effet le moment cinétique suivant  $z$  d'une toupie doit être constant car  $\vec{M}_{z/O}(\vec{P}) = \vec{0}$ . Donc il apparaît un mouvement de précession autour de  $z$  pour conserver ce moment cinétique. Ceci s'accompagne d'une création d'un moment des forces de Coriolis. En effet la masse en rotation est en mouvement dans un référentiel en rotation à cause de la précession.

## 11. Montage n°11 : Conservation et non conservation de l'énergie mécanique

### 11.1. Chute libre avec et sans frottements

On enregistre le mouvement d'une bille en chute libre. On montre qu'en l'absence de frottements, l'énergie potentielle est intégralement convertie en énergie cinétique.

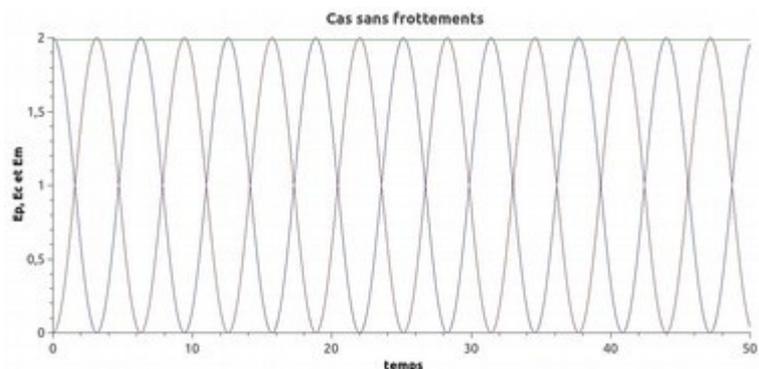
Avec des frottements (huile), l'énergie mécanique diminue.

### 11.2. Choc avec et sans conservation de l'énergie mécanique

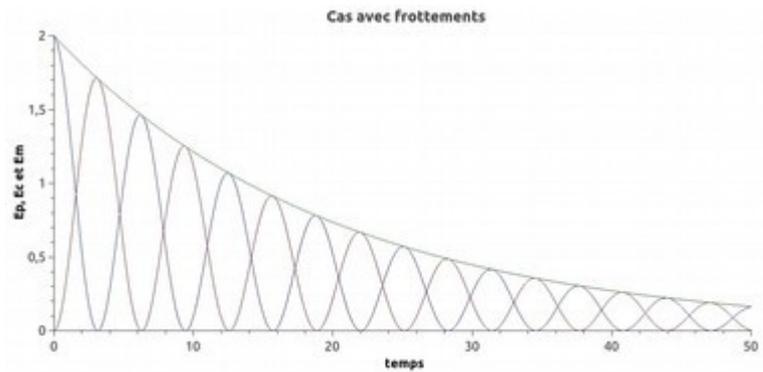
On utilise deux mobiles autoporteurs que l'on fait s'entrechoquer sur une surface plane. On utilise des contours élastiques ou non élastiques. On montre alors que suivant le type de choc, il y a conservation ou non de l'énergie cinétique. Pour cela il faut relever les vitesses avant et après le choc. Comme l'énergie cinétique est identifiée à l'énergie mécanique, on montre qu'il y a conservation ou non de l'énergie mécanique.

### 11.3. Pendule simple avec ou sans frottements

On fait osciller un pendule. Pour repérer la position de la masse, on peut utiliser soit un potentiomètre qui va relever l'angle soit un pointage sur une vidéo. On peut alors tracer



l'évolution de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle en fonction du temps pour un cas sans frottement et un cas avec frottements fluides.



#### 11.4. Chute libre et rebond

On film la chute d'une balle de tennis sur trois ou quatre rebonds. Ensuite à l'aide d'un logiciel de pointage (regavi) on repère les positions de la balle pour différents instants. On peut alors représenter l'énergie cinétique et l'énergie potentielle de pesanteur en fonction du temps sur regressi. On peut calculer le coefficient de restitution  $\epsilon = E_2/E_1$  à chaque rebond.

### 12. Montage n°12 : Statique et dynamique des fluides

#### 12.1. Pression dans une phase liquide

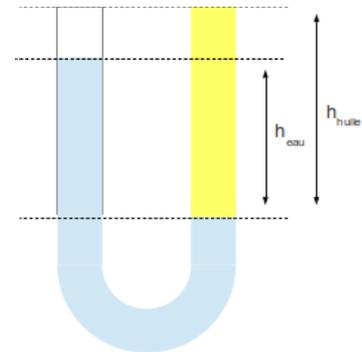
On prend un bac que l'on remplit d'eau. À l'aide d'un manomètre on mesure la variation de la pression en fonction de la profondeur. Ainsi on peut démontrer la formule  $P(h) = \rho \cdot g \cdot h + P_0$  où  $P$  est la pression,  $\rho$  la masse volumique du liquide,  $h$  la hauteur de fluide et  $P_0$  la pression atmosphérique. Pour ce faire on fait une régression linéaire à l'aide de Regressi.

#### 12.2. Mesure de la masse volumique d'une huile.

On utilise un tube en « U ». On y met suffisamment d'eau et de l'huile jusqu'à obtenir une différence de hauteur suffisante entre les 2 interfaces liquide-air. On fait alors le bilan des forces exercées sur la partie du tube en U qui ne contient que de l'eau (cf schéma) et on obtient la relation suivante :

$$\rho_{huile} \times V_{huile} \times g = \rho \times V_{eau} \times g$$

On peut en déduire la masse volumique de l'huile.



#### 12.3. Expression de la poussée d'Archimède

On plonge partiellement un solide dans de l'eau. On mesure, à l'aide d'un dynamomètre ou d'une balance, la force exercée par le fluide sur la masse. On peut alors montrer que cette force est une fonction linéaire du volume immergé et que le coefficient directeur vaut bien  $\rho_{eau} \times g$ .

#### 12.4. Formule de Torricelli

La formule de Bernoulli donne :

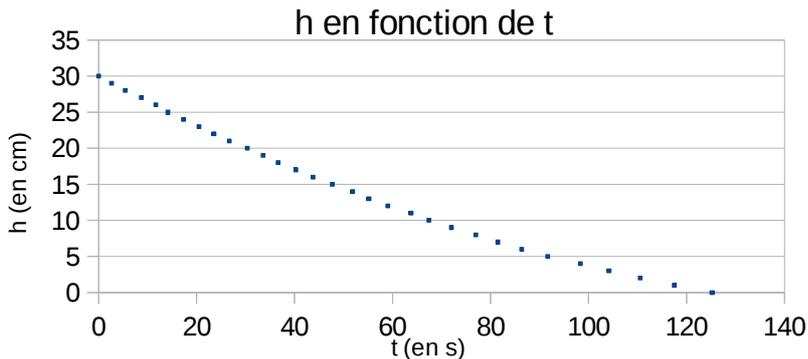
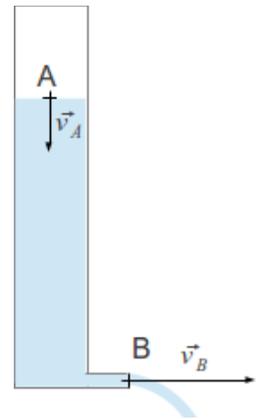
$$\frac{1}{2} \times \rho \times v_A^2 + P_A + \rho \times g \times z_A = \frac{1}{2} \times \rho \times v_B^2 + P_B + \rho \times g \times z_B$$

Or  $P_B = P_A = P_0$  et  $v_A \ll v_B$ . D'où :

$$\rho \times g \times h = \frac{1}{2} \times \rho \times v_B^2 \rightarrow v_B = \sqrt{2gh}. \text{ De plus } S \cdot \frac{dz}{dt} = -S \cdot v_B.$$

On en déduit que :

$$\sqrt{h} - \sqrt{h_0} = -\frac{S}{S} \times \sqrt{\frac{g}{2}} \times t$$



On peut montrer que cette formule est en accord avec les mesures en relevant les valeurs de t pour h variant de 1 cm en 1 cm.

## 12.5. Limite du modèle

On montre que le théorème de Bernoulli est mis en défaut lorsque les pertes en charge sont trop importantes. On a alors  $\Delta P = P_B - P_A = \frac{1}{2} \times \rho \times (v_b^2 - v_a^2) + \rho \times g \times (h_b - h_a) - \xi$  ou  $\xi$  est du aux pertes en charges dues à la viscosité.

## 12.6. Application

On montre le principe d'un tube à effet venturi.

# 13. Montage n°13 : Mesure de puissances en électricité

## 13.1. Mesure de l'impédance de différents dipôles

### 13.1.1. La résistance

On soumet une résistance à une tension alternative. On visualise à l'oscilloscope la tension et l'intensité pour constater que le déphasage est nul et que l'impédance ne dépend pas de la fréquence. En mode XY on peut aussi montrer que  $u(t) = R \times i(t)$ . On fait apparaître la puissance en multipliant CH1 et CH2. On peut alors calculer la valeur moyenne qui doit correspondre à  $\langle P \rangle = R \times I_{eff}^2$ .

### 13.1.2. Le condensateur

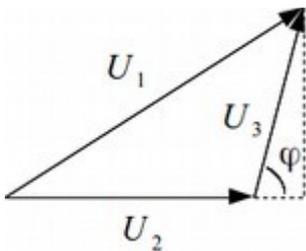
On fait de même avec le condensateur. La visualisation de  $i$  se fait grâce à une résistance. On peut montrer que le rapport des amplitude  $U/I$  dépend de la fréquence et vaut  $1/C\omega$ . Le mode XY permet de montrer que le déphasage est de  $-\pi/2$ . La puissance instantanée doit valoir :  $p(t) = UI \times \cos(2\omega t - \pi/2)$ .

### 13.1.3. La bobine

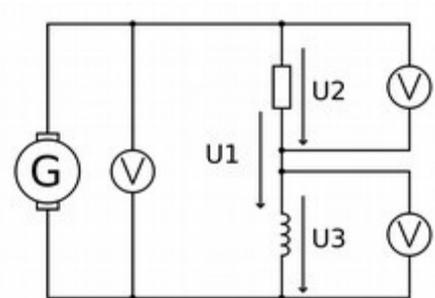
On fait de même avec la bobine. La visualisation de  $i$  se fait grâce à une résistance. On peut montrer que le rapport des amplitude  $U/I$  dépend de la fréquence et vaut  $L\omega$ . Le mode XY permet de montrer que le déphasage est de l'ordre de  $\pi/2$ , la différence étant due à la résistance de la bobine.

## 13.2. Détermination d'une puissance active

On détermine la puissance active  $\langle P \rangle = U_{eff} I_{eff} \times \cos(\varphi)$  de la bobine (inductance  $L$ , résistance  $r$ ).

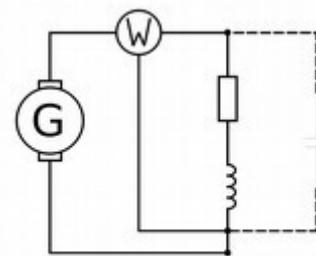


Pour cela on dispose 3 voltmètre comme illustré ci-contre. On peut alors en déduire  $\varphi$ ,  $I_{eff} = U_{eff} / (r + R)$ ,  $U_{eff} = U_3$ .



## 13.3. Amélioration du facteur de qualité

On réalise le même montage en insérant un wattmètre. On mesure alors le  $\cos(\varphi)$  de la branche modélisant un moteur ( $L$ ,  $r$ ,  $R$ ). On fait de même en insérant un condensateur en dérivation. On constate que le  $\cos(\varphi)$  est amélioré (proche de 1).



## 13.4. Adaptation d'impédance

Sur un générateur de résistance interne  $r = 50\Omega$  on branche une résistance variable de  $0\Omega$  à  $100\Omega$ .

Les équations sont :  $u = e - r \times i$  et  $u = R \times i \rightarrow i = e / (R + r)$

La puissance fournie à la résistance vaut :  $P = ui = Ri^2 = \frac{Re^2}{(R+r)^2}$

A l'aide d'un ampèremètre on mesure la puissance reçue par la résistance en fonction de  $R$ . On doit constater un maximum à  $50\Omega$  (là où la dérivée s'annule)

## 14. Montage n°14 : Champs magnétiques : production et mesure

Quelles sont les sources possibles pour créer un champ magnétique ?

### 14.1. Production d'un champ magnétique

#### 14.1.1. Par un aimant permanent

On montre qu'une boussole est déviée au voisinage d'un aimant permanent. La plaque de boussole permet de montrer les lignes de champ.

→ Application : création d'un courant alternatif à l'aide d'un alternateur

#### 14.1.2. Par la circulation d'un courant

Expérience d'Oersted. On place la boussole au voisinage d'une spire dans laquelle circule un courant. La boussole s'oriente suivant l'axe de cette spire.

### 14.2. Caractéristiques du champ magnétique

On utilise une simple spire et on place une boussole dans celle-ci. On constate que le champ magnétique est selon l'axe de la spire. Si on change le sens des branchements, on voit que le champ magnétique change de sens. Ceci illustre la règle du bonhomme d'Ampère. Enfin si on augmente l'intensité, la valeur du champ augmente, on peut le montrer à l'aide d'un teslamètre.

### 14.3. Mesure d'un champ magnétique

#### 14.3.1. Utilisation du teslamètre

On mesure le champ créé par une bobine simple. Ensuite on mesure le champ entre 2 bobines placées en configuration de Helmholtz ( $D=R$ ) et on montre qu'il y a additivité des champs.

On peut aussi mesurer le champ créé par un solénoïde suffisamment long et montrer qu'on retrouve la formule suivante :  $B = \mu_0 \times n \times i$ .

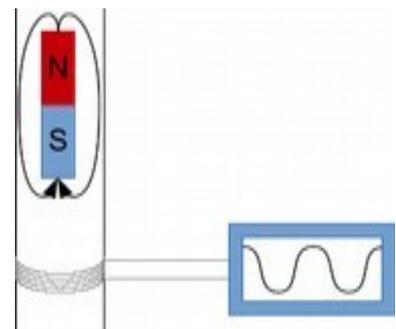
#### 14.3.2. Mesure du champ magnétique terrestre

On peut évaluer la composante horizontale du champ magnétique terrestre en plaçant une bobine qui créera un champ magnétique perpendiculaire à celui-ci. On mesure la déviation  $\alpha$  et on a  $\tan(\alpha) = B_{\text{bobine}} / B_{\text{terrestre}}$ .

## 15. Montage n°15 : Induction et auto induction

### 15.1. Illustration du phénomène d'induction.

On prend un aimant que l'on laisse tomber à travers une bobine (dans un tube). À l'aide d'un oscilloscope on mesure la tension aux bornes de la bobine.

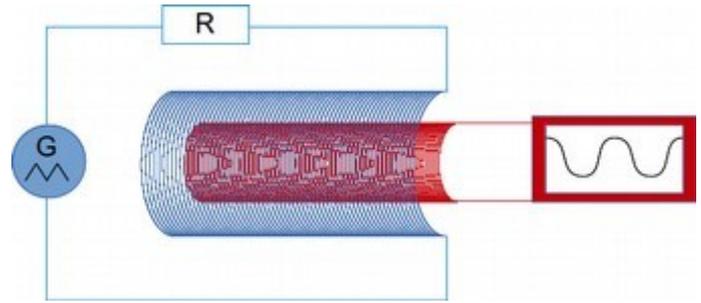


## 15.2. Loi de Lenz-Faraday

On utilise 2 bobines imbriquées l'une dans l'autre. La bobine 1 est placée dans un circuit contenant une résistance  $R_1$ .

Le champ créé par la bobine 1 est

$$B_1 = \mu_0 \times n_1 \times i_1 \text{ avec } i_1 = \frac{u_1}{R_1}.$$



La force électromotrice créée dans la bobine 2 sera :  $e_2 = \mu_0 \times n_1 \times N_2 \times S_2 \times \frac{1}{R_1} \times \frac{dV_1}{dt}$ . On vérifie cette relation pour différentes formes du signal d'alimentation.

## 15.3. Auto induction

Une bobine est soumise à son propre champ. On peut écrire  $\Phi_{\text{auto}} = B \times S \times N = -L \times i$ . On en

déduit la relation suivante :  $e = -\frac{d\Phi}{dt} = L \frac{di}{dt}$ .

On construit un circuit RL. Le retard à l'allumage est  $\tau = L/R$ . On peut alors mesurer le coefficient d'auto-induction L.

## 15.4. Applications

### 15.4.1. Freinage par courant de Foucault

On dispose deux bobines sur un noyau contenant un entrefer. On fait passer un pendule métallique dans l'entrefer et on constate que si on fait passer un courant suffisamment fort, le pendule est freiné.

### 15.4.2. Transformateur

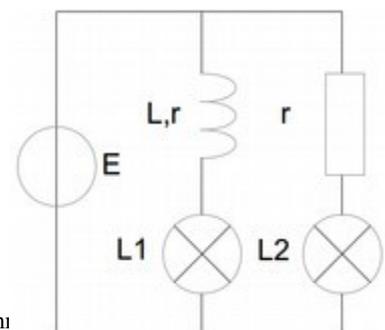
On réalise un transformateur et on visualise le signal d'entrée et de sortie sur le même oscilloscope. On a alors la relation :  $u_2 = u_1 \times N_2 / N_1$

## 16. Montage n°16 : Régimes transitoires en électricité

### 16.1. Étude d'un circuit RL

#### 16.1.1. Étude qualitative

On allume le générateur continu qui délivrera une tension créneau. Le courant s'établit instantanément dans la branche de L2 et met quelques instants à s'établir dans la branche de L1. La bobine s'oppose à l'établissement du courant.



### 16.1.2. Étude quantitative

On étudie l'établissement du courant dans un circuit RL série. La constante de temps ou temps de réponse à 63 % est  $L/R$ . On compare la valeur de l'oscilloscope et la valeur calculée pour différentes valeurs de  $R$  et de  $L$ .

## 16.2. Étude d'un circuit RLC série

### 16.2.1. Étude en continu

On réalise un circuit RLC pour étudier l'influence de  $R$  sur le régime transitoire. On peut notamment montrer les régimes pseudo-périodique, critique et apériodique. On peut mesurer le

décroissement logarithmique  $\delta = \frac{A(t)}{A(t+T)}$ .

Il peut être intéressant de montrer le portrait de phase  $U_c'(t) = f(U_c(t))$ .

### 16.2.2. Étude énergétique

On sait que les énergie stockées dans la bobine et le condensateur sont :  $E_L(t) = \frac{1}{2} \times L \times i(t)^2$  et

$E_C(t) = \frac{1}{2} \times C \times u_c(t)^2$ . On trace l'énergie totale en fonction du temps et on constate que celle-ci tend vers 0.

## 17. Montage n°17 : Oscillations forcées en électricité

### 17.1. Étude du circuit RC série

On construit un circuit RC série et on mesure la tension aux bornes du condensateur. On trace son diagramme de Bode ainsi que son diagramme de phase. On montre que l'on obtient alors un filtre passe bas.

On peut mesurer sa fréquence de coupure et montrer qu'à cette fréquence, le déphasage est de  $45^\circ$ .

### 17.2. Étude du circuit RLC série

On étudie la réponse en fréquence d'un circuit RLC série aux bornes du condensateur. On trace le diagramme de Bode et le diagramme de phase. On montre qu'il existe une résonance en tension et on détermine la fréquence correspondante. À résonance, le déphasage est nul.

À l'aide d'un générateur en mode wobulation on fait apparaître sur un oscilloscope la courbe de résonance du circuit RLC série. On trace alors le graphe  $Q = f(1/R)$  (on doit trouver une droite).

On étudie ensuite la tension aux bornes de la résistance. On montre que la fréquence de résonance est la même.

### 17.3. Application : filtrage électronique

En entrée du circuit RLC série on met un fonction créneau. On montre que le signal en sortie est lissé. Il se rapproche d'une sinusoïde. On a filtré le signal d'entrée. On peut le mettre en évidence en faisant apparaître le spectre de Fourier.

## 18. Montage n°18 : Capteurs

### 18.1. Présentation de quelques capteurs

#### 18.1.1. La photorésistance

On trace la caractéristique (linéaire) de la photorésistance à l'aide d'un générateur en alternatif. On montre que le comportement est purement résistif et que la résistance varie linéairement avec l'éclairement. Pour cela on utilise la relation  $\Phi = 1/r^2$  où  $\Phi$  est l'éclairement et  $r$  la distance photorésistance-source de lumière.

#### 18.1.2. La photodiode

Là encore on trace la caractéristique de la photodiode à l'aide d'un générateur en alternatif. On montre ensuite l'influence de l'éclairement sur le courant inverse.

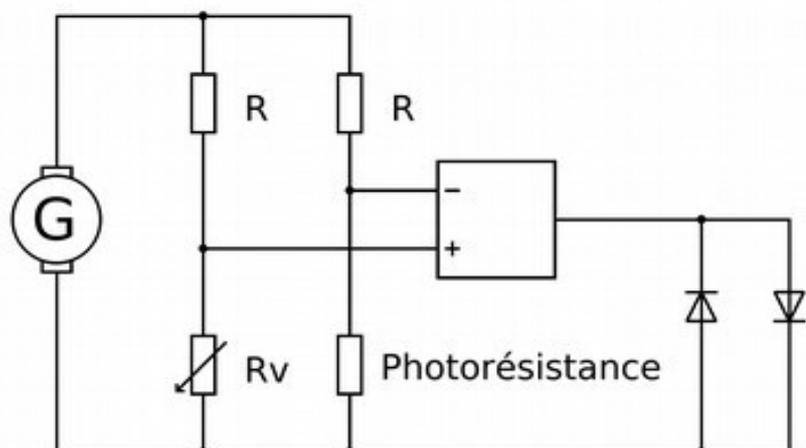
#### 18.1.3. La thermistance

On trace la caractéristique de la thermistance. On peut ensuite tracer sa résistance en fonction de la température à l'aide d'un ballon d'eau et d'un chauffe ballon.

### 18.2. Applications

#### 18.2.1. La commande de réverbère

On utilise un AO en comparateur. Le but est de comparer la résistance variable et la photorésistance. L'AO délivrera soit +15V soit -15V en fonctionnement saturé. L'une des deux LED s'allumera alors suivant qu'il fasse jour ou non.



### 18.2.2. Le récepteur de télécommande

On polarise une diode en inverse et via une résistance, on mesure le courant qui circule dans le circuit. Celui-ci étant relié à l'éclairage, on pourra observer le signal reçu (dans l'infrarouge ou le visible) par la photodiode.

## 19. Montage n°19 : Rayonnement et température

### 19.1. In fluence de la température sur l'allure du spectre

On prend une ampoule à incandescence ou une lanterne pour éclairer une fente source. L'alimentation de la source sera à tension variable. L'image de la fente est faite sur un écran à l'aide d'une lentille. On accole alors un réseau juste derrière la lentille pour obtenir le spectre. On fait alors varier la tension d'alimentation de la source de lumière et on observe que le spectre s'enrichit en courtes longueurs d'onde (bleu).

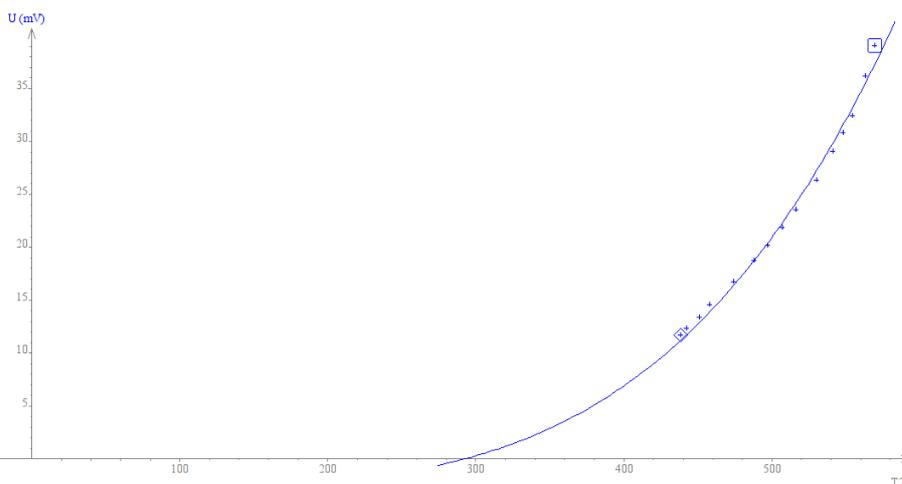
Si on considère que la température et la résistance varient de manière linéaire, on peut déterminer  $\lambda_{max} = f(T)$  à l'aide de Calliens par exemple.

### 19.2. Loi de Stefan

L'intégration de la loi de Planck conduit à la relation suivante :

$P_{cn} = \sigma \times T_{cn}^4$ . C'est la relation de Stefan. P est la puissance surfacique et T la température (en K).

On mesure la puissance émise par un four à l'aide d'une thermopile.



La tension délivrée est proportionnelle à la différence de puissance reçue par le capteur :

$$U = \alpha \times (P_{cn} - P_{amb}) \text{ d'où } U = \beta \times (T_{cn}^4 - T_0^4)$$

On ajuste alors la courbe par la relation ci-dessus en laissant libre le paramètre de puissance et en prenant  $T_0 = 293\text{K}$ .

### 19.3. Cube de Leslie

On montre que les faces qui absorbent le plus sont aussi celles qui émettent le plus. Pour le montrer on relève la puissance émise par chaque face lors du refroidissement du cube. On représente alors  $U = f(T^4 - T_0^4)$ .

## 19.4. Source froide : lampe fluocompacte

On trace le spectre d'une lampe fluocompacte ou d'une lampe basse pression de cadmium par exemple et on montre que le spectre n'est pas directement lié à la température de la source. Il faut en plus prendre en compte les effets quantiques.

## 20. Montage n°20 : Transport de l'énergie électrique. Sécurité des personnes et des matériels

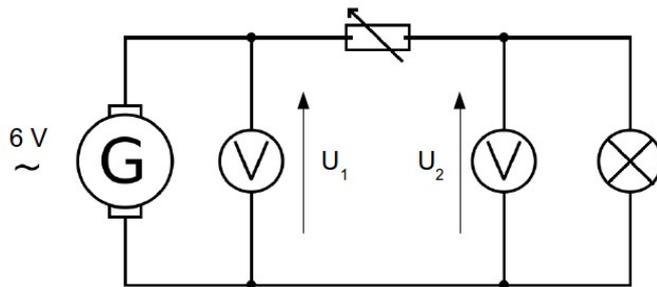
### 20.1. Transport de l'énergie

#### 20.1.1. Transport en basse tension.

On constate qu'il y a une chute de tension entre  $u_1$  et  $u_2$ . On mesure la puissance reçue par la lampe à l'aide des valeurs de  $u_2$  et  $i$ .

Lorsqu'on augmente la résistance variable on constate que la lampe brille beaucoup moins. On peut

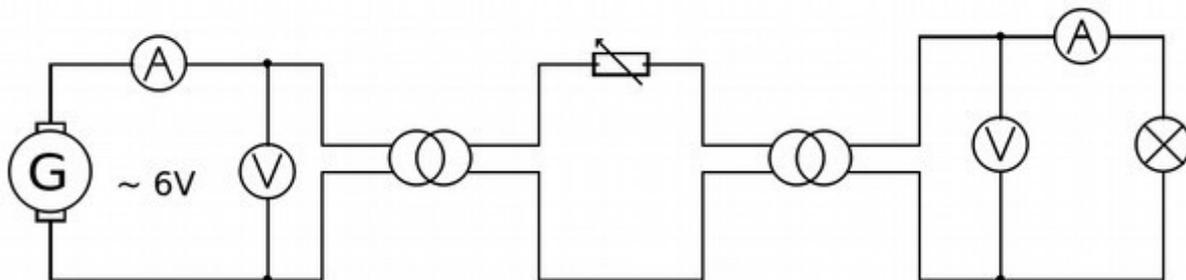
mesurer l'efficacité du dispositif via la formule :  $\eta = P_2 / P_1$ .



#### 20.1.2. Transport en haute tension

À l'aide d'un transformateur élévateur de tension et d'un autre abaisseur de tension, on élève d'un facteur 2 la tension dans le circuit contenant la résistance variable. On constate que la luminosité de la lampe varie peu lorsqu'on fait varier la valeur de la résistance variable. On peut mesurer l'efficacité du dispositif via la formule :  $\eta = P_2 / P_1$ .

On peut aussi déterminer la résistance en sortie qui correspond au fonctionnement optimal du dispositif.



#### 20.1.3. Fonctionnement d'un transformateur

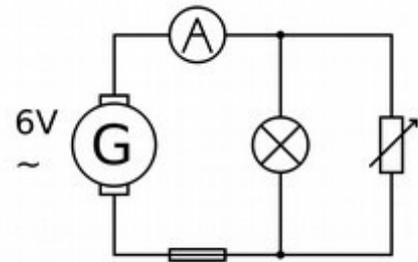
On réalise un transformateur et on mesure la puissance en entrée  $P_1 = U_1 \cdot I_1$  et la puissance

en sortie aux bornes d'une résistance  $P_2=U_2 \cdot I_2$ . On peut alors déterminer le rendement  $\eta = P_2/P_1$  en fonction de la charge en résistance en sortie.

## 20.2. Sécurité des biens et des personnes

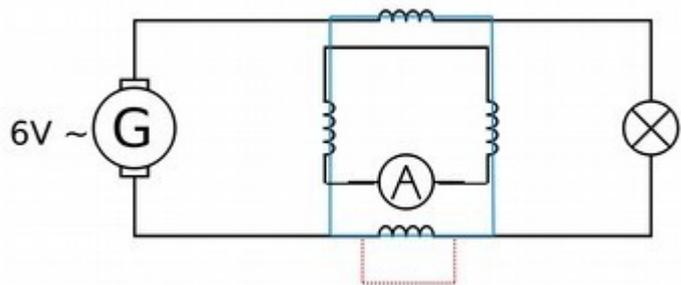
### 20.2.1. Sécurité des biens

On montre que pour un fusible dont le seuil est de 200 mA, au delà de cette limite il y a fusion du fil du fusible. On modélise le courant de court-circuit par une branche avec une résistance.



### 20.2.2. Sécurité des personnes

On illustre le principe du disjoncteur différentiel. Un circuit primaire crée un champ magnétique dans un noyau de fer (bleu). On détecte la différence de champ entre 2 portions de ce noyau en mesurant le courant dans le circuit secondaire. Si il y a une fuite (fil rouge avec éventuellement une résistance) dans le circuit primaire alors l'intensité dans le circuit secondaire devra permettre de faire disjoncter le circuit primaire à l'aide d'un relais.



dans le circuit primaire alors l'intensité dans le circuit secondaire devra permettre de faire disjoncter le circuit primaire à l'aide d'un relais.

On peut éventuellement illustrer l'utilité d'un disjoncteur différentiel à l'aide d'une maquette dédiée.

## 21. Montage n°21 : Conduction thermique, capacité thermique et enthalpie de changement d'état

Il existe trois modes de transfert d'énergie : la conduction, la convection et le rayonnement. Un transfert thermique d'un corps chaud vers un corps froid se caractérise par une augmentation de

la température donnée par :  $\delta T = \frac{\delta Q}{m \cdot c_m}$

Un changement d'état se caractérise par une variation d'énergie donnée par :  $\delta Q = L_{ce} \cdot m$

### 21.1. La conduction thermique

On utilise un conductoscope que l'on plonge dans de l'eau chaude. On observe alors que la température augmente de bas en haut. Le transfert thermique se fait plus vite dans le cuivre que

dans le laiton  $\rightarrow \lambda_{Cu} > \lambda_{laiton}$ .

On compare ceci à la loi de Fourier :  $\vec{j}_Q = -\lambda \overrightarrow{grad} T$

## 21.2. Mesure de capacité thermique

### 21.2.1. Valeur en eau du calorimètre

On commence par mesurer la valeur en eau du calorimètre. On y insère une certaine quantité d'eau chaude dont on connaît la capacité calorifique. On observe alors une diminution de la température car le calorimètre se thermalise avec son contenu.

Si on note  $\mu$  la valeur en eau du calorimètre alors on a la relation suivante :

$$m_{eau} \times C_{eau} \times (T_{equ} - T_i) + \mu_{cal} \times C_{eau} (T_{equ} - T_{amb}) = 0$$

### 21.2.2. Mesure de la capacité thermique de l'eau

On utilise une résistance R plongée dans une masse  $m_{eau}$  d'eau. La résistance est parcourue par un courant d'intensité i. On a alors la relation :

$$R \times i^2 \times \Delta t = (m_{eau} + \mu_{cal}) \times C_{eau} \times (T_f - T_i)$$

En mesurant  $T_i$  et  $T_f$  ainsi que i et  $\Delta t$  on peut en déduire  $C_{eau}$ .

### 21.2.3. Mesure de la capacité thermique d'un métal

On fait chauffer un corps métallique de masse  $m_{mét}$  jusqu'à une température proche de 100°C. On plonge alors celui-ci dans une masse  $m_{eau}$  d'eau froide versée dans le calorimètre. Il y alors une élévation de la température de la masse d'eau qui vérifie la relation :

$$(m_{eau} + \mu_{cal}) \times C_{eau} \times (T_{equ} - T_i) + m_{métal} \times C_{métal} (T_{equ} - T_{métal}) = 0$$

## 21.3. Mesure d'une enthalpie de changement d'état

On introduit une masse  $m_{glace}$  de glace fondante dans une masse  $m_{eau}$  située dans le calorimètre.

On a alors :

$$(m_{eau} + \mu_{cal}) \times C_{eau} \times (T_{equ} - T_i) + m_{glace} \times C_{eau} (T_{equ} - 0) + m_{glace} \times L_{ce} = 0$$

## 22. Montage n°22 : Émission et absorption dans le domaine de l'optique ; mesure de longueurs d'onde

### 22.1. Spectres continus

#### 22.1.1. Spectres d'émission

À l'aide d'une lampe à incandescence, on obtient le spectre de la lumière blanche. Pour cela on utilise un prisme et on fait passer la lumière issue d'une fente source à travers celui-ci. On montre que plus la lampe est chaude et plus elle émet dans le bleu. Pour cela on peut utiliser le logiciel Régavi et faire la coupe du spectre. Si possible montrer la dépendance  $\lambda_{max} = \alpha / T$ .

### 22.1.2. Spectres d'absorption

On utilise toujours une source de lumière blanche. On intercale alors différents filtres de couleurs primaires (RVB) dans le montage. On montre que filtres ne laissent passer que leur propre couleur.

On peut intercaler une solution de sulfate de cuivre ou de permanganate de potassium et montrer que ces couleurs sont des additions de couleurs primaires.

## 22.2. Spectres de raies

### 22.2.1. Spectres d'émission

On utilise un réseau pour observer la décomposition des lumières utilisées. On commence par étalonner la caméra en utilisant une lampe à vapeur de cadmium dont on connaît les longueurs d'onde des raies. On détermine alors la longueur d'onde du doublet du sodium.

### 22.2.2. Spectre d'absorption

On utilise une source de lumière blanche et on intercale une flamme contenant des vapeurs de sodium. On doit observer un spectre avec un trou au niveau du doublet du sodium. → Un élément absorbe les longueurs d'onde qu'il est capable d'émettre.

## 23. Montage n°23 : Diffraction dans différents domaines de la physique

---

### 23.1. Diffraction à la surface de l'eau

On utilise une cuve à onde et on fait passer une onde plane à travers une fente. On constate que l'onde devient circulaire après la fente mais que la longueur d'onde n'est pas modifiée.

### 23.2. Diffraction des ondes sonores

À l'aide du dispositif onduson et d'une fente dédiée, on montre que l'amplitude n'est pas la même suivant l'angle entre le capteur et la normale à la fente.

### 23.3. Diffraction des ondes lumineuses

On effectue la diffraction d'un faisceau laser par une fente très étroite. On montre la dépendance de la largeur de la tache centrale  $l$  en fonction de  $\lambda$ ,  $D$  et  $a$ . On peut faire les mesures soit à l'aide d'un capteur CCD soit à l'aide d'une caméra de type Caliens. Finalement on

représente  $l = f\left(\frac{\lambda \times D}{a}\right)$  et on doit obtenir un facteur 2.

### 23.4. Application : la strioscopie

On fabrique une empreinte de doigt sur du scotch. On place alors cet objet dans un faisceau de lumière blanche bien parallèle. L'image de l'empreinte est faite sur un écran. On place alors une

gommette au foyer objet de la deuxième lentille pour enlever les rayons centraux. On constate que le contraste est meilleur sur l'image.

## 24. Montage n°24 : Résonance dans différents domaines de la physique

Pour certains systèmes oscillants entretenus, on peut voir apparaître un phénomène de résonance. Quelles sont les conditions pour avoir une résonance et comment la caractériser ?

### 24.1. Résonance en acoustique

On utilise un tube de Kundt. On montre que suivant la fréquence, le son perçu est plus ou moins fort. Il y a donc résonance pour certaines fréquences. On calcule la fréquence du fondamental à

utilisant la relation :  $\lambda_n = \frac{2L}{n+1}$  et  $f_n = \frac{c}{\lambda_n} = \frac{2L \times c}{n+1}$ .

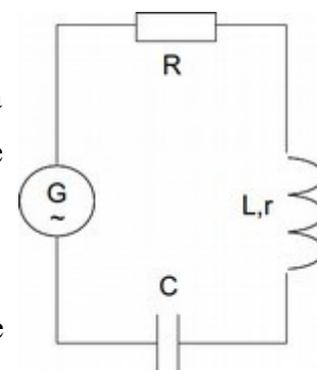
### 24.2. Résonance en électricité

#### 24.2.1. Courbe de résonance en tension

On réalise un circuit RLC alimenté par un GBF. L'équation régissant la tension aux bornes de C donne une pulsation propre qui est aussi celle

de résonance  $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$  et un facteur de qualité  $Q = \frac{L\omega_0}{R}$ .

On représente la courbe de résonance pour  $u_C$  à l'aide d'un oscilloscope en mode balayage.



On détermine la fréquence de résonance et comme on sait que  $Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$ , on peut comparer les valeurs mesurées aux valeurs théoriques.

#### 24.2.2. Déphasage courant-tension

On détermine le déphasage courant-tension dans la totalité du circuit en fonction de la fréquence du GBF. On constate que le déphasage est nul à la fréquence de résonance.

### 24.3. Résonance en mécanique

On va étudier la résonance d'un pendule de Pohl. Après avoir étalonné le moteur excitateur du dispositif, on représente la courbe de résonance du pendule. On mesure la fréquence propre et normalement la résonance se fait à cette même fréquence.

On peut faire une analogie entre le circuit RLC et le pendule de Pohl.

Électrique	Mécanique
Résistance	Frottements
Inductance	Moment d'inertie
Capacité	Raideur du ressort

## 25. Montage n°25 : Filtrage et analyse harmonique

---

### 25.1. Analyse harmonique d'un son

On utilise divers instruments de musiques et on montre le spectre de fourier pour chacun d'eux.

On montre aussi celui obtenu pour un diapason.

On montre que le son du diapason est pur mais pas les autres.

### 25.2. Filtrage électronique

Étude d'un circuit RC aux bornes du condensateur. On montre que circuit est passe bas et on trace son diagramme de Gain et de phase. On calcule la fréquence de coupure.

Étude d'un circuit RLC aux bornes de la résistance. On montre que circuit est passe bande et on trace son diagramme de Gain et de phase. On calcule la fréquence de résonance et on montre l'influence de R sur la sélectivité du filtre.

### 25.3. Filtrage optique

On montre le principe de la strioscopie. Pour cela on utilise un plume et des objet grillagés et on place soit une gomme soit une fente verticale ou horizontale dans la plan de Fourier. On montre qu'on enlève les grandes fréquences spatiale dans le premier cas et les fréquences horizontales ou verticales dans le second cas.