

Accompagnement stagiaire ATRF
Théorie et mise en situation en Physique

Janvier 2019

Partie I : L'optique

1. Optique géométrique

- a. Comment distinguer une lentille convergente d'une lentille divergente ?
- b. Déterminer la vergence d'une lentille convergente.
- c. Déterminer expérimentale de la distance focale d'une lentille divergente.
- d. Quel protocole expérimental peut-on proposer aux élèves pour retrouver la relation de conjugaison et de grandissement d'une lentille mince ?
- e. Modéliser graphiquement puis expérimentalement un œil emmétrope au repos.
- f. Modéliser graphiquement puis expérimentalement un œil emmétrope accommodant.
- g. Modéliser graphiquement puis expérimentalement un œil myope puis un œil hypermétrope.

2. Spectroscopie

- a. Qu'est-ce qu'un spectroscopie ?
- b. Construire un spectroscopie à fente, à l'aide d'un prisme puis d'un réseau.

3. Optique ondulatoire

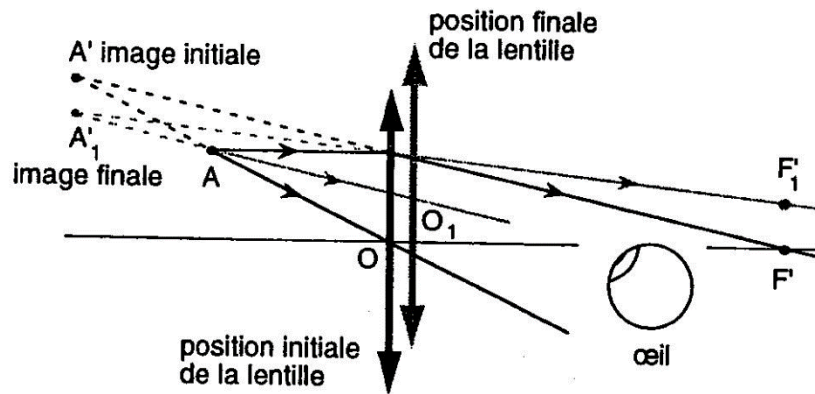
- a. Qu'est-ce que la diffraction de la lumière ?
- b. Réaliser un montage permettant d'observer une figure de diffraction.
- c. Comment former une tâche d'Airy ?
- d. Qu'est-ce que le phénomène d'interférences lumineuses ?
- e. Réaliser un montage permettant d'observer une figure d'interférences.
- f. Proposer un protocole permettant de mesurer l'interfrange de façon précise. Le mettre en œuvre.
- g. Quelles sont les exploitations possibles par les élèves ?

Partie I : Correction (Apport théorique)

1. Optique géométrique

a. Distinguer une lentille convergente d'une lentille divergente

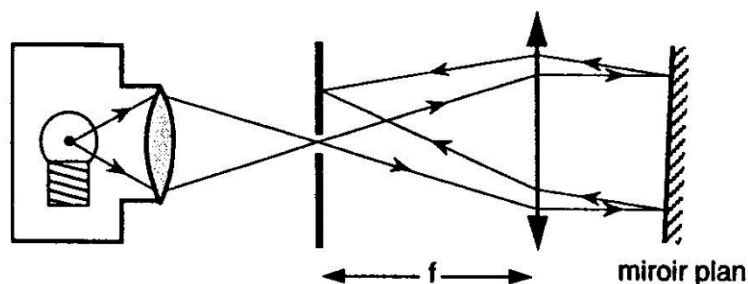
Réaliser l'expérience suivante : Regarder un objet à travers une lentille convergente placée près de l'œil. Faire monter la lentille et constater que l'objet semble descendre. Plus la lentille est convergente, plus l'effet est intense.



Pour les lentilles divergentes, c'est l'inverse : l'image se déplace dans le même sens que la lentille.

b. Détermination de la vergence d'une lentille convergente

Autocollimation : Procéder comme pour former l'image d'un trou. On ajoute un miroir plan peu incliné sur l'axe à la sortie de la lentille et ajuster la position de celle-ci pour que l'image d'un trou, après réflexion sur le miroir, soit nette dans le même plan que le trou. Le trou est alors dans le plan focal objet de la lentille.



Remarque : en déplaçant un écran après la lentille, on vérifie que si le trou est petit, le faisceau est parallèle.

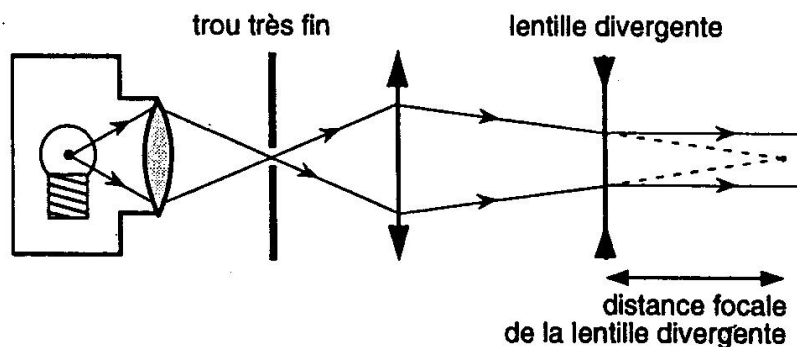
Calcul de la vergence :

$$C = \frac{1}{f'}$$

C en dioptries (δ), f' en mètres (m)

c. Détermination expérimentale de la distance focale d'une lentille divergente

Réaliser le montage ci-dessous :



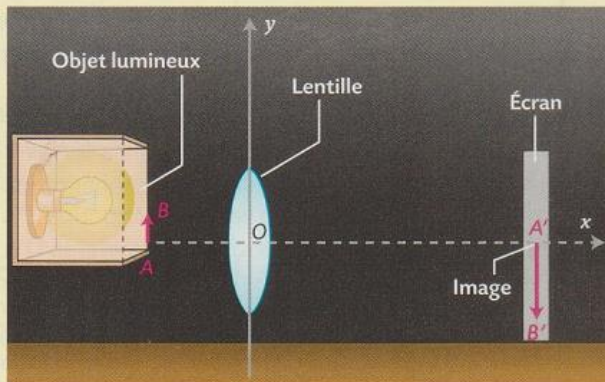
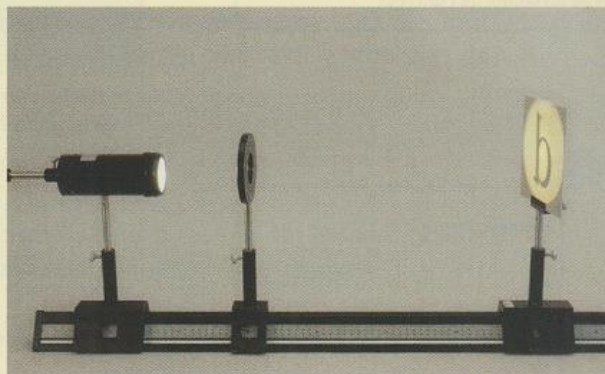
Repérer le point de convergence du faisceau en l'absence de lentille divergente, puis placer celle-ci de telle sorte que le faisceau émergent soit parallèle. En déduire sa distance focale.

d. Relations pour une lentille convergente

Protocole expérimental

- Réaliser le montage ci-contre.
- Pour différentes positions de l'objet, repérées par l'abscisse x_A et toujours situées à gauche de la lentille ($x_A < 0$), chercher précisément la position $x_{A'}$ de l'écran permettant d'obtenir une image nette.

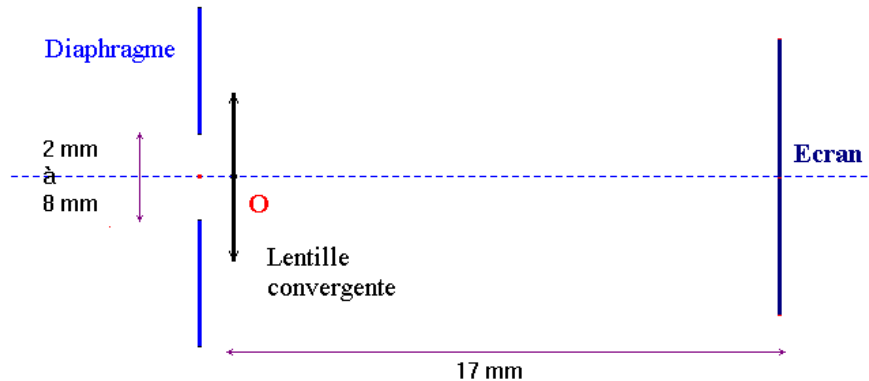
x_A					
$\frac{1}{x_A}$					
$x_{A'}$					
$\frac{1}{x_{A'}}$					
$\frac{1}{x_{A'}} - \frac{1}{x_A}$					
$\frac{1}{f'}$					
y_B					
$y_{B'}$					



➤ Photographie et schéma du montage à réaliser. L'origine du repère est le centre O de la lentille. L'axe des abscisses est orienté dans le sens de propagation de la lumière. Les points sont repérés par leurs coordonnées.

e. Modélisation d'un œil emmétrope au repos

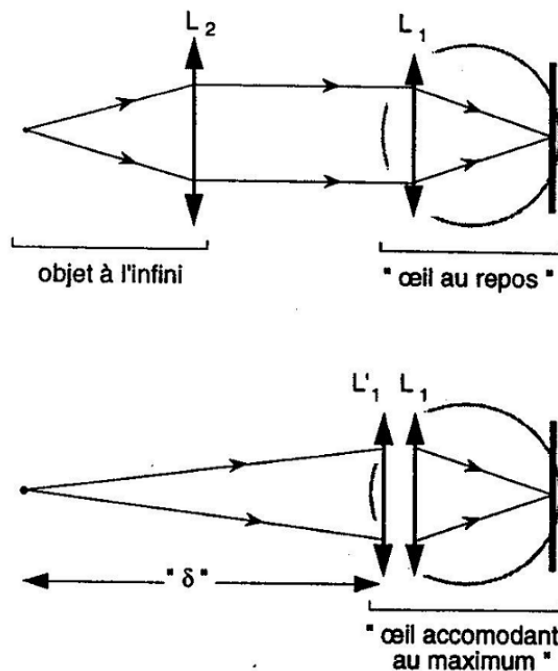
L'œil peut être considéré comme constitué d'un *diaphragme* : l'iris, d'une *lentille mince convergente* : le cristallin, situé à une distance fixe (17 mm) d'une surface sensible, tel un *écran* : la rétine.



f. Modélisation d'un œil emmétrope accommodant

L'œil normal (*emmétrope*) au repos ne voit net que les objets situés à l'infini (*punctum remotum*) : la distance focale du cristallin est alors égale à 17 mm.

Lorsque l'objet se rapproche, la distance cristallin-rétine étant fixe, le cristallin augmente sa convergence par un jeu de muscles pour maintenir une image nette. Cette augmentation de convergence est limitée. Le *punctum proximum* correspond au point le plus proche que l'œil puisse voir nettement.

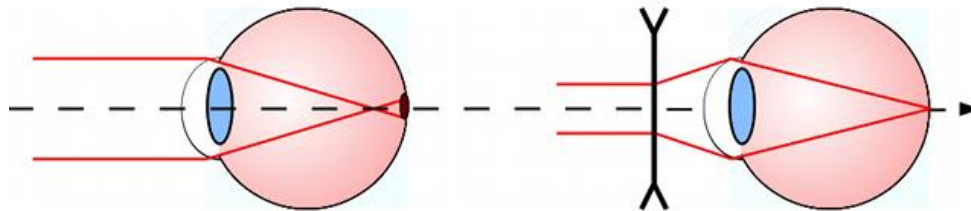


g. Modélisation d'un œil myope et d'un œil hypermétrope

L'œil myope :

Le cristallin est « trop » convergent. L'image d'un objet situé à l'infini se forme en avant de la rétine.

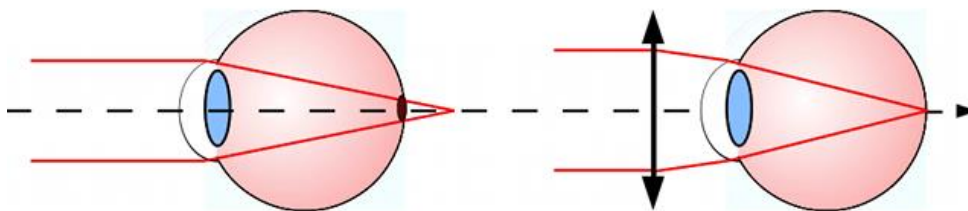
On observe un décalage simultané du *punctum proximum* et du *punctum remotum* vers les courtes distances, sans changement de l'amplitude d'accommodation. Elle se compense à l'aide d'une lentille divergente.



L'œil hypermétrope :

Le cristallin n'est « pas » convergent. L'image d'un objet proche se forme en arrière de la rétine.

On observe un décalage simultané du *punctum proximum* et du *punctum remotum* vers les courtes distances, sans changement de l'amplitude d'accommodation. Elle se compense à l'aide d'une lentille convergente.



2. Spectroscopie

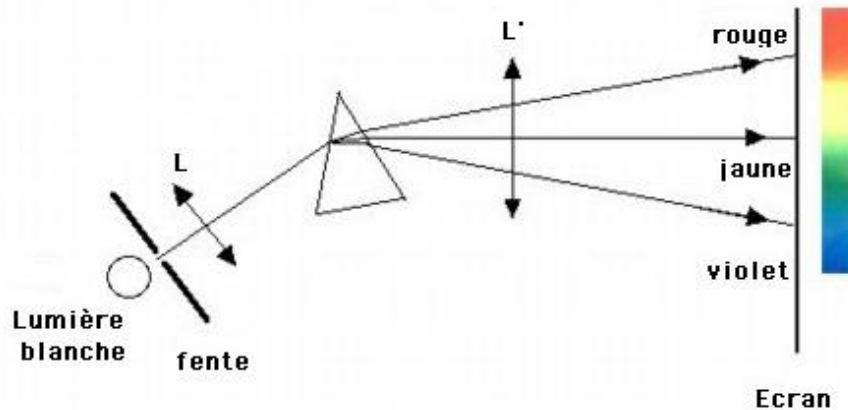
a. Spectroscopie

Les spectroscopes sont des appareils qui servent à décomposer un rayonnement lumineux suivant la longueur d'onde pour permettre l'analyse de sa répartition spectrale.

La spectroscopie est un moyen d'étude des sources lumineuses sans intervention destructive et à distance (l'analyse du rayonnement émis par une étoile permet d'accéder à sa composition chimique, par exemple).

b. Spectroscopie à prisme ou à réseau

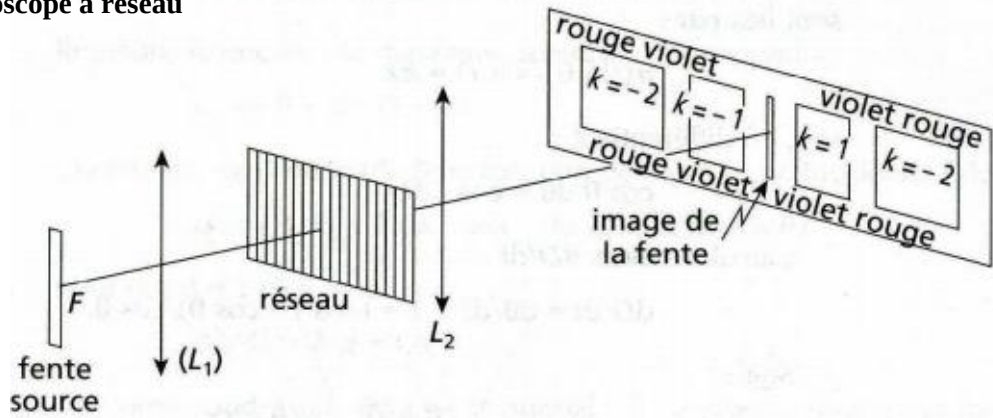
✓ Spectroscopie à prisme



Remarques :

- On observe un seul spectre continu.
- Le rouge est moins dévié que le bleu.
- Le prisme « décompose » la lumière, le phénomène est celui de la **dispersion de la lumière**.

✓ Spectroscopie à réseau



Remarques :

- Un réseau est constitué de la répétition régulière dans l'espace, d'un certain motif.
- On observe plusieurs spectres continus, de moins en moins lumineux, de part et d'autre de l'image de la fente.
- Contrairement au cas du prisme, le bleu est moins dévié que le rouge.
- Le réseau « décompose » la lumière, cependant les phénomènes qui interviennent sont la **diffraction** et les **interférences lumineuses**.

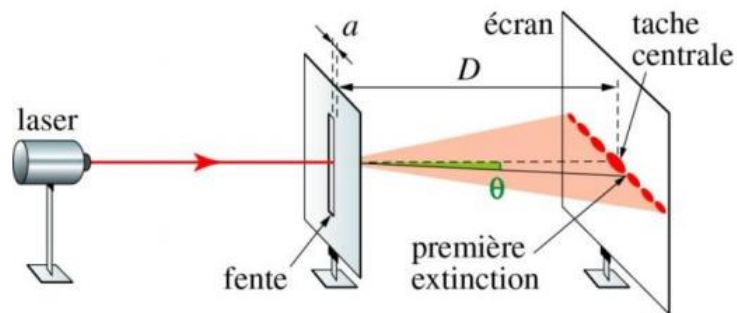
3. Optique ondulatoire

a. La diffraction de la lumière

Lorsqu'on éclaire une fente avec une lumière monochromatique, une partie de cette lumière atteint une zone qui aurait dû être dans l'ombre. C'est le **phénomène de diffraction**. L'alternance de zones lumineuses et de zones sombre est appelée « figure de diffraction ».

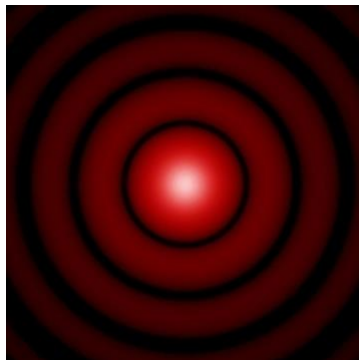
Cette figure dépend de l'ouverture de l'obstacle.

b. Obtention d'une figure de diffraction



c. La tache d'Airy

La tache d'Airy est la figure de diffraction résultant de la traversée d'un trou circulaire par la lumière.



d. Le phénomène d'interférences lumineuses

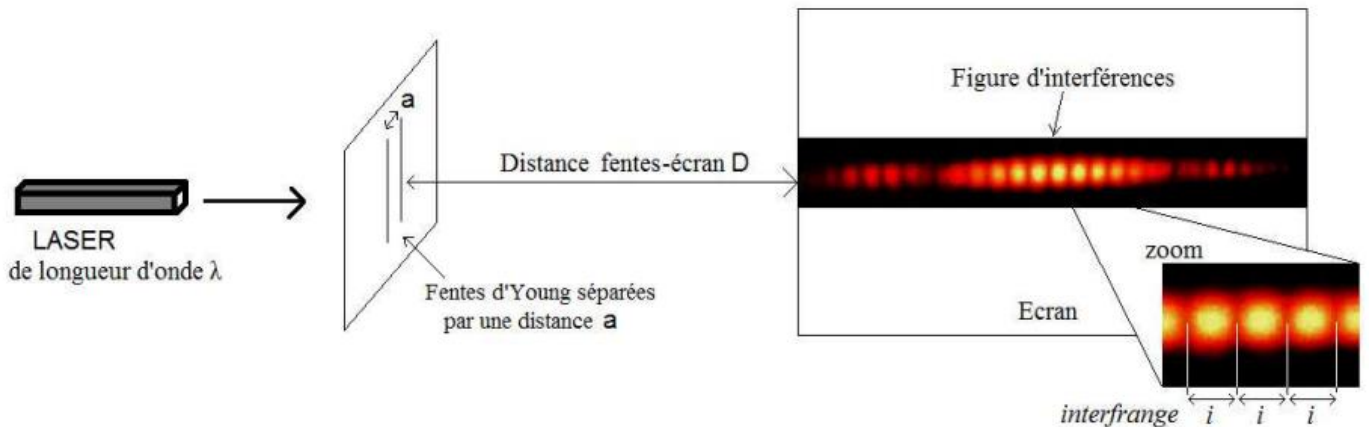
Lorsqu'on éclaire un système de 2 fentes, séparées par une distance **a** par un faisceau laser, on observe sur écran, situé à une distance suffisante, une figure d'interférences.

Chaque fente, de largeur **b**, diffracte la lumière mais, dans la tache centrale de diffraction, s'observe des franges d'interférence équidistantes.

On appelle **i** interfrange la distance séparant le milieu de deux franges lumineuses (ou sombres) successives :

$$i = \frac{\lambda \times D}{a}$$

e. Obtention d'une figure d'interférence

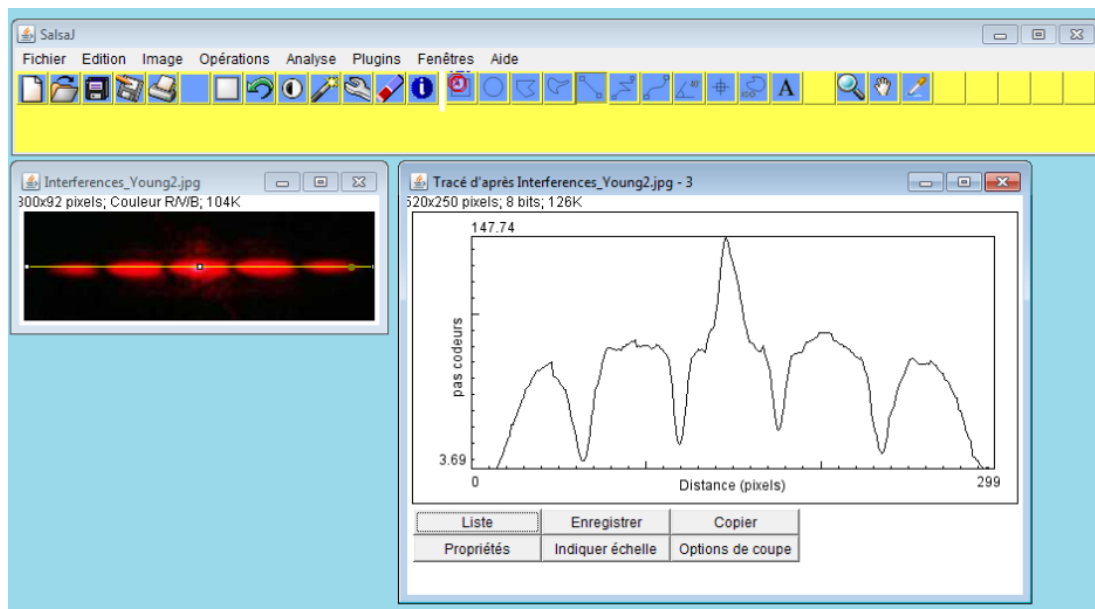


f. Mesure de l'interfrange de façon précise

- ✓ Réaliser une capture d'écran à l'aide d'une web cam et d'un logiciel adapté (Cinéris, IA, etc.).
- ✓ Déterminer la largeur de plusieurs interfranges à l'aide du logiciel *SalsaJ*.

Utilisation du logiciel *SalsaJ*

- Ouvrir le fichier de l'image capturée avec le logiciel ***SalsaJ***.
- Cliquer sur l'icône « Sélection rectiligne » et tracer une ligne horizontale afin d'indiquer l'échelle (Analyse).
- Tracer une ligne de coupe perpendiculaire aux interfranges.
- Cliquer sur l'icône « Coupe » afin d'afficher les variations de l'intensité lumineuse sur cette ligne.
- Déterminer, le plus précisément possible, la largeur de plusieurs interfranges i mesurée en **cm**.
- En déduire une mesure de i .



g. Exploitations possibles par les élèves :

- ✓ Retrouver la longueur d'onde du laser utilisé et indiquée par le constructeur.
- ✓ Retrouver la distance séparant les 2 fentes et indiquée sur la diapositive.

Partie II : Les signaux périodiques

1. Mesures de signaux périodiques

1.1. L'oscilloscope

- a. Visualiser sur la *voie 1* de l'oscilloscope le signal sinusoïdal délivré par un GBF.
- b. A quoi correspondent le couplage **DC** et le couplage **AC** ?
- c. Déterminer la période T , la fréquence f et l'amplitude maximale U_{max} du signal.
- d. Sur la *voie 2*, visualiser un signal sinusoïdal de même fréquence que le 1^{er} mais émis par un second GBF. Puis utiliser le mode « Bicourbe ».
- e. Déterminer le déphasage φ entre les deux tensions (par méthode directe ou de Lissajous).

1.2. L'ExAO

- a. Réaliser les mêmes opérations (détermination de la période T , de la fréquence f et de la tension maximale U_{max} d'un signal sinusoïdal délivré par un GBF puis le déphasage φ entre 2 tensions de même fréquence), cette fois-ci en utilisant le système d'acquisition *Eurosmart* ainsi que le logiciel *Latis Pro*.
- b. Remplacer les 2 GBF utilisés initialement par les 2 GBF de la console CAMPUS.

2. Analyse fréquentielle

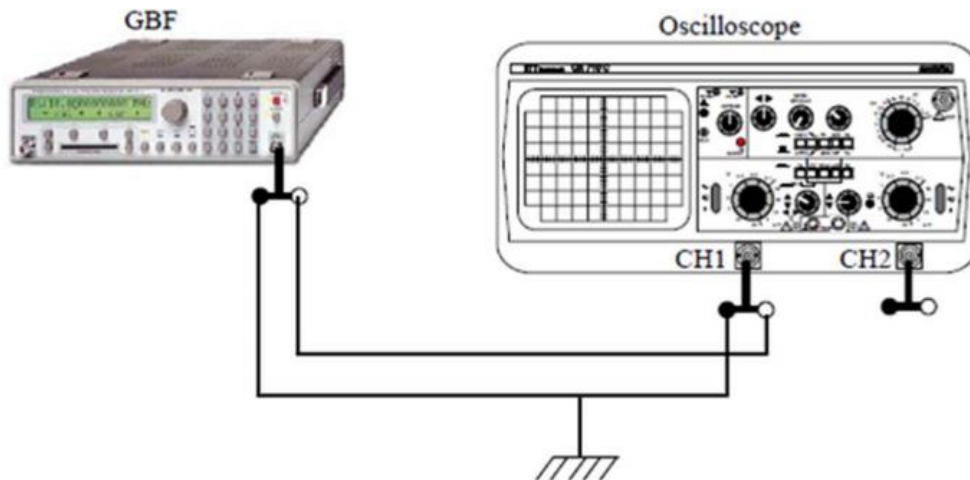
- a. Proposer un protocole expérimental permettant de déterminer la fréquence émise par un diapason par analyse spectrale.
- b. S'agit-il d'un son pur ?
- c. Réaliser l'acquisition numérique puis l'analyse spectrale d'un son complexe.
- d. En quoi le spectre en fréquence traduit-il une périodicité du signal ?

Partie II : Correction (Apport théorique)

1. Mesures de signaux périodiques

1.1. L'oscilloscope

- a. Visualisation sur la voie 1 de l'oscilloscope le signal sinusoïdal délivré par un GBF



- b. Couplage DC et AC de l'oscilloscope

Le couplage **DC** ou **C-C** de l'oscilloscope permet de visualiser à l'écran toute tension, qu'elle soit alternative, ou continue, ou bien encore la somme d'une tension alternative et d'une tension continue.

Le couplage **AC** ou **C-A** de l'oscilloscope ne permet de visualiser que la composante alternative d'une tension.

A réaliser :

- ✓ Observer sur l'écran de l'oscilloscope, la tension générée par la sortie *Output* du générateur de fonctions GBF réglé sur une tension sinusoïdale de valeur maximale comprise entre **1** et **3V** et de fréquence comprise entre **200 Hz** et **500 Hz**.
- ✓ Relever la fréquence affichée par le fréquencemètre du GBF.
- ✓ Introduire une composante continue en utilisant le bouton *OFFSET* du générateur basses fréquences.
- ✓ On observera l'action du couplage **AC/DC** ou **C-A/C-C** sur la tension visualisée.

- c. Fréquence f du signal périodique

$$f = \frac{1}{T}$$

T en s, f en Hz

d. Mesure du déphasage φ entre deux tensions sinusoïdales

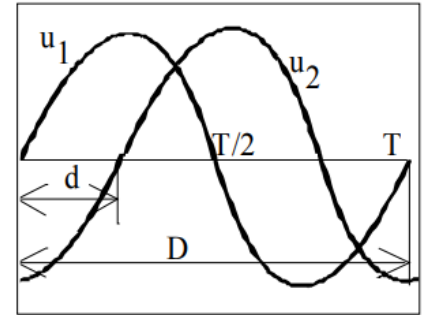
✓ **Méthode directe**

Les distances sur l'écran, les durées et les déphasages angulaires correspondant sont proportionnels :

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{|\varphi|}{2\pi} = \frac{d}{D} \text{ avec } \varphi \text{ en radians}$$

ou

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{|\varphi|}{360} = \frac{d}{D} \text{ avec } \varphi \text{ en degrés}$$

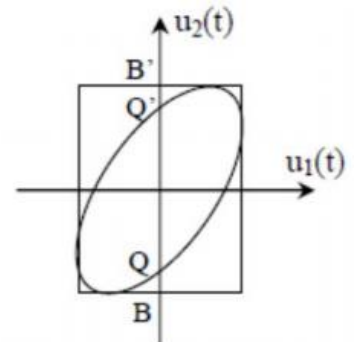


- Faire coïncider avec soin les deux traces (*Lignes 0V*) au milieu de l'écran lorsque les 2 sélecteurs de couplage d'entrée sont en position **GD**.
- Appliquer les deux tensions à comparer aux voies 1 et 2 de l'oscilloscope et vérifier qu'elles sont bien sinusoïdales (en position **DC**).
- Déterminer et noter le signe de φ en observant le sens du décalage de u_2 par rapport à u_1 .
- Mesurer la distance horizontale D correspondant à la période.
- Mesurer la distance horizontale d correspondant à ce décalage horaire.
- Calculer $|\varphi|$ avec une ou l'autre des relations (en radian ou en degrés).
- Exprimer la valeur algébrique de φ .

✓ **Méthode de Lissajous**

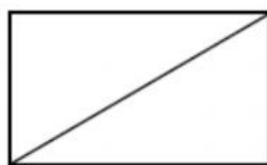
On élimine la base de temps, en appuyant sur la touche XY. On obtient une ellipse dont la figure suivante présente un exemple :

L'angle φ est tel que : $\sin \varphi = \frac{QQ'}{BB'}$.

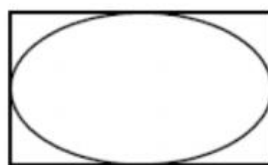


Cas particuliers :

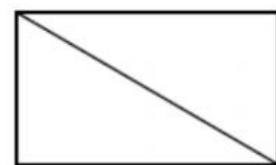
- Si $\varphi = 0$ (ou π), l'ellipse se réduit à une droite : une des diagonales du rectangle.
- Si $\varphi = \pi/2$ (ou $3\pi/2$), les axes de l'ellipse se confondent avec ceux du rectangle.



$\varphi = 0$



$\varphi = \pi/2$



$\varphi = \pi$



$0 < \varphi < \pi/2$



$\pi/2 < \varphi < \pi$

1.2. L'ExAO

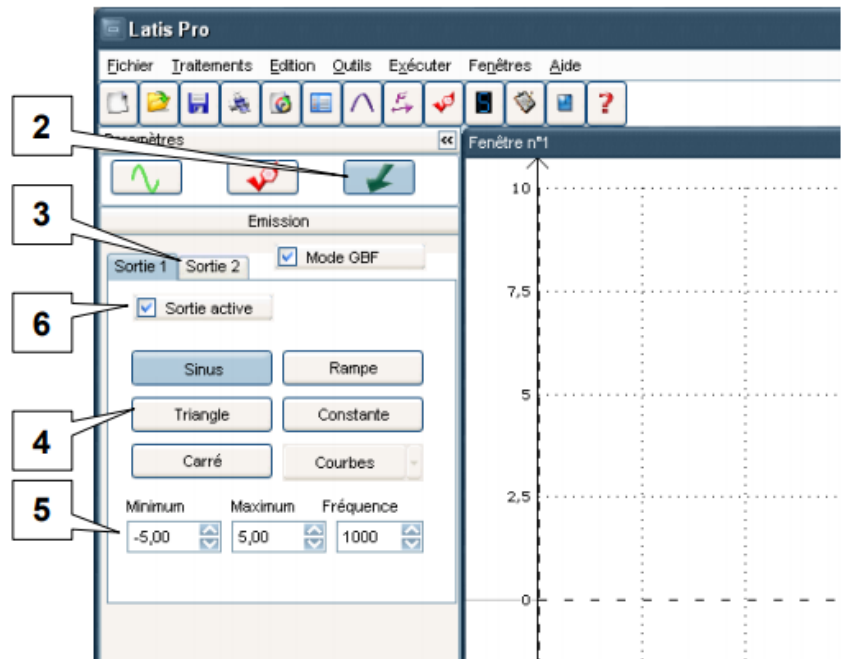
a. Acquisition numérique du signal périodique



b. Paramétrage du GBF de la console CAMPUS

Les deux sorties analogiques **1** et **2** sont des générateurs indépendants possédant la même référence de masse.

1. Ouvrir le logiciel Latis Pro.
2. Cliquer  sur :
pour ouvrir le mode paramétrage des émissions (G B F).
3. Choisir la voie à paramétrer en sélectionnant l'onglet désiré.
4. Choisir le type de forme d'onde désirée.
5. Compléter les paramètres de tension maxi, mini et fréquence.
6. Activer la sortie en cochant l'option sortie active.



2. Analyse fréquentielle

Document 1 : Hauteur d'un son

La *hauteur* d'un son est liée à une sensation physiologique ; elle caractérise la mélodie et l'harmonie d'un son musical. Elle correspond à la fréquence fondamentale, en Hertz (Hz), du son. Un son est grave si sa fréquence est faible ; il est aigu (= haut) si sa fréquence est élevée.



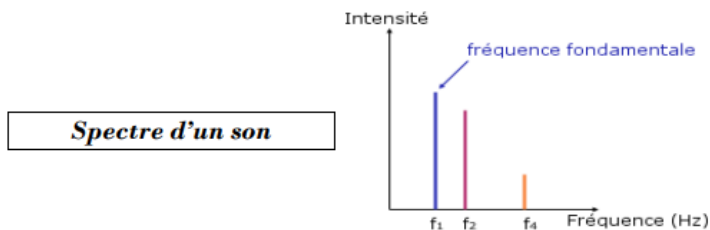
Document 2 : L'analyse spectrale d'un son

Un son est une onde mécanique périodique.

Le mathématicien Joseph Fourier (1768 – 1830) a montré qu'un signal périodique de fréquence f_1 peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux appelés harmoniques dont les fréquences sont des multiples de la fréquence fondamentale f_1 .

Soit : $f_n = n \times f_1 \quad (n \in \mathbb{N}^*)$

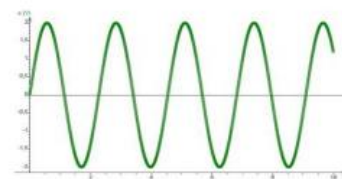
L'ensemble de ses fréquences constitue le spectre d'un son. L'analyse spectrale est réalisée par un logiciel spécialisé (Latis-Pro® ou Audacity®) après un enregistrement.



La fréquence du 1^{er} pic correspond à la fréquence du **fundamental** autrement dit à la fréquence de la note jouée. Les autres pics sont appelés **harmoniques**.

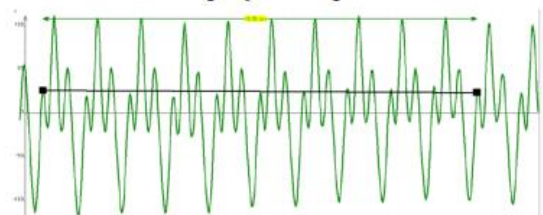
Document 3 : Son pur et son complexe

Un son pur est un son dont le signal est sinusoïdal. Son spectre en fréquence ne présente qu'un seul pic, celui du fondamental.



Cependant, la plupart des sons, tels que ceux produits par les instruments de musique jouant qu'une seule note sont bien périodiques mais pas sinusoïdaux :

On parle alors de sons complexes. Leur spectre en fréquence présente plusieurs pics.



Matériel partie I :

- 2 diapositives avec fentes calibrées
- 2 diapositives avec ouvertures circulaires
- 2 lasers sur pieds (rouge et vert)
- 1 web cam
- 2 grands écrans blancs et 2 petits
- 2 feuilles de papier calque
- 1 diaphragme de diamètre réglable
- 4 potences + pinces + noix de serrage
- 3 bancs d'optique + supports
- 3 sources de lumières blanches pour banc d'optique avec lettre éclairée
- Jeux de lentilles minces convergentes et divergentes
- Prismes et réseaux de diffraction de différents pas
- Scotch
- 2 grand et 2 petits support - élévateur
- Fente de largeur réglable sur pieds
- Plusieurs pieds
- Projecteur à diapo (source de lumière blanche)
- 2 miroirs plans

Matériel partie II :

- 1 oscilloscope à mémoire
- 1 oscilloscope analogique
- 2 consoles CAMPUS avec 2 sonomètres
- 2 GBF + adaptateurs
- Fils de connexion
- Diapason et maillet
- Piano électronique
- 2 potences + pinces + noix de serrage