

# LP.18 Spectre

Léo

**Niveau :** PCSI

**Pré-requis :**

- diffraction (terminale spé)
- signal progressif sinusoidale : période, fréquence fondamentale, son composé, note gamme (première)
- bases d'optique géométrique (terminale)
- spectres d'émission et d'absorption (terminale)
- Relation énergie fréquence  $E=h\nu$  (terminale)

**Difficultés :**

- Compréhension du réseau et de son fonctionnement

**Activité :**

- TP : Goniomètre

**Objectifs :**

- Savoir reconnaître un spectre
- Savoir exprimer un signal en somme de signaux sinusoidaux

**Biblio :**

- Sextant Optique
- J'intègre PCSI
- Perez optique

## Plan proposé

1	Spectre en acoustique . . . . .	2
1.1	Apport de Joseph Fourier : décomposition du signal . . . . .	2
1.2	Reconstruction d'un signal . . . . .	2
2	Spectres en optique . . . . .	2
2.1	Spectres d'émission et d'absorption . . . . .	2
2.2	Application aux spectrophotomètres . . . . .	3

## Intro pédagogique

Dans les premières séances de l'année. Suite à la physique des ondes, avec introduction à l'optique géométrique pour la suite.

## Leçon

### Intro

## 1 Spectre en acoustique

### 1.1 Apport de Joseph Fourier : décomposition du signal

Ondes pas toujours sinusoidaux, mais s'interprètent comme la superposition de signaux sinusoidaux. Joseph FOURIER (XIXeme siècle) montre que tout signal réalisable en pratique peut être décomposé en somme de signaux sinusoidaux.

$$s(t) = \sum_j A_j \cos(2\pi f_j t + \Phi_j)$$

**Analyse spectrale** : permet de déterminer, fréquence  $f_i$  Amplitude  $A_i$ , phase  $\Phi_i$ . Chaque signal est une composante sinusoidale

Spectre du signal : spectre d'amplitude en fonction de la fréquence, et spectre des phase. **Spectre = dépendance en énergie donc en fréquence ou longueur d'onde**

Pour un signal périodique de fréquence  $f_s$  et de période quelconque : composante continue (moyenne du signal,  $A_0 = \langle s(t) \rangle = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} s(t) dt$  fondamental et harmonique :

$$s_p(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(2\pi n \times f_s \times t + \Phi_n)$$

### 1.2 Reconstruction d'un signal

Si on fait une somme partielle de synthèse de fourier, on ne retrouve pas forcément le même signal (cf image J'intègre p54)

[manip ajout des différentes harmoniques, visualisation de la FFT] //musique

Signal non périodique : spectre continu

Domaine audible : 20 Hz à 20 kHz

Pour info :  $(\mathcal{F}f)(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega t} f(t) dt$

[Phénomènes similaires en optique](#)

## 2 Spectres en optique

### 2.1 Spectres d'émission et d'absorption

[http://physique.ostralo.net/spectre\\_em\\_abs/](http://physique.ostralo.net/spectre_em_abs/) : spectres caractéristiques d'un

élément ou d'un composé

#### Détermination de la double raie du sodium

Réseau (en amplitude) : arrangement matériel régulier qui impose à une onde plane incidente une variation périodique de son amplitude. Un réseau par transmission est constitué par un très grand nombre de fentes parallèles et équidistantes.

Formule du réseau : angle d'incidence  $i$ , angle en sortie  $\theta$  :  $\sin(\theta) - \sin(i) = k \frac{\lambda}{a}$ .

Diffraction (démonstration : système interférentiel, équilibrer les chemins optiques entre O et M (écartés de  $a$ ) avec leurs projetés

Dessin réseau avec pas du réseau

**Manip réseau :** SCHEMA Réseau de pas  $l$  éclairé sur une largeur  $L$  par un faisceau parallèle incidence normale. Différents ordre :  $\sin(\theta_k) = k\lambda/l$ ,  $k$  représente les ordres. (Pouvoir de résolution théorique :  $R = Nk$  où  $N = L/l$  limité par la diffraction). On utilise la lampe à mercure pour relier valeur tabulée ; mesure de  $x(\lambda)$  par rapport à l'ordre 0.  $x = D \tan[\arcsin(k\lambda/l)]$  avec  $D$  la longueur réseau écran. Si les angles sont faibles, se linéarise :  $x = Dk\lambda/l$  (faux à l'ordre 2). On trace  $\lambda = f(x)$  ( $D=1\text{m}$  et  $k=1$ ) : on détermine le pas du réseau. On utilise ensuite cet étalonnage pour étudier sodium et déterminer le doublet du sodium (589 nm). EXP :  $D = 30\text{cm}$   $l=0.000155\text{ cm}$

Ecran - 30 cm - Réseau - 70 cm - Lentille - 82 cm - Fente - 95 Lampe %écran

## 2.2 Application aux spectrophotomètres

Les spectrophotomètres sont des appareils qui décomposent un rayonnement lumineux suivant la longueur d'onde pour permettre l'analyse de sa répartition spectrale.

Avantages de cette méthode :

1. Pas d'intervention destructive
2. Mesure à distance (étude des étoiles par ex). Etude de la lumière émise et/ou absorbée par un échantillon placé sur le trajet de la lumière issue d'une source connue.

Utile dans de nombreux domaines : physique des gazs, physique de la matière condensée, chimie biologie...

Spectrophotomètres à fente ou spectroscopes interférentiels (complémentaires fente pour séparer les principales longueurs d'onde et interférentiel pour étudier spécifiquement une raie michelson). Souvent  $\lambda$  ou  $\sigma$

Image Chapitre 5 Sextant V.1 et V.8

## L. Titre

---

Le coeur de l'appareil est un élément dispersif (prisme ou réseau). 2 lentilles autour. angle de sortie dépend de  $\lambda$ .

[Montrer spectrophotomètre]

Monochromateur à réseau courant pour déterminer IR, UV ou visible. Miroir concave ( $f'$  de l'ordre de 20 cm) pour remplacer lentilles (éliminer aberrations chromatiques et les réflexions parasites avec des lentilles). Configuration en "W" pour limiter les aberrations géométriques. Rotation du réseau. Résolution max de l'appareil :  $\partial\lambda = 0.3 \text{ nm}$ .

Caractéristique importante : pouvoir de résolution : séparer 2 longueur d'onde proches  
 $R = \frac{\Delta\lambda}{\partial\lambda}$ ,  $\partial\lambda$  le plus petit intervalle spectral résolu.

limitations : géométrie, diffraction, aberrations...

La barrette CCD est modélisée par un ensemble de photodiodes reliées à des capacités, puis à un registre à décalage par l'intermédiaire d'interrupteurs. Pendant le temps d'intégration (réglable entre 3 ms et 65 s par l'intermédiaire du logiciel), les interrupteurs sont ouverts et le flux lumineux reçu par chaque photodiode crée un courant qui charge les capacités. Ensuite, les interrupteurs se ferment et la charge (proportionnelle au flux lumineux reçu pendant la durée d'intégration) est transmise à un registre à décalage (sur le schéma, la charge est représentée par la partie bleue). Une fois le signal électrique transmis à l'ordinateur, les interrupteurs s'ouvrent et une nouvelle période d'intégration commence

Formule du réseau : angle d'incidence  $i$ , angle en sortie  $\theta$  :  $\sin(\theta) - \sin(i) = k \frac{\lambda}{a}$

## Conclusion

Notion de spectre importante en physique et en chimie.

Ouverture : Optique interférentielle l'année prochaine pour plus de précision

## Questions/Réponses

Questions	Réponses
<hr/> <i>Titre.</i> <hr/>	

## Debrief

## Matos

- Lampe à mercure et lampe à sodium, Ecran et règle, Lentille  $f'=12\text{cm}$ , fente, réseau 600tr/mm
- Calculateur d'harmonique, GBF, oscillo, haut parleur
- Spectro à réseau ouvert et caméra