LYCÉE D'EXCELLENCE
MOHAMMED VI
LEM6 - CASABLANCA

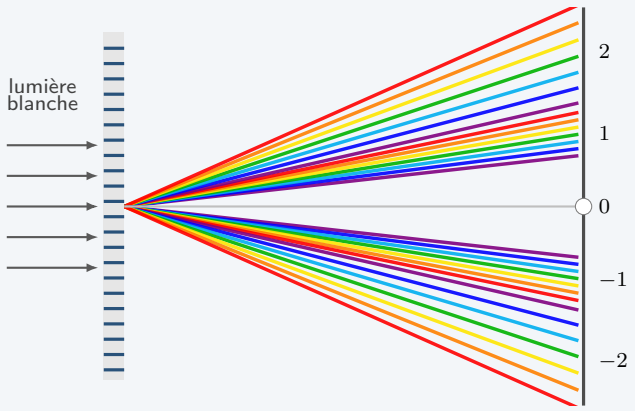
Classes préparatoires aux grandes écoles
MP — Physique-chimie
Année 2026-2027

FICHE RÉSUMÉ

05 OPTIQUE ONDULATOIRE

Étude du réseau plan

Interférences à N ondes — Relation fondamentale des réseaux — Finesse des pics (construction de Fresnel) — Rôle de la diffraction — Minimum de déviation — Pouvoir dispersif — Pouvoir de résolution



« *Nous concevons la possibilité de déterminer leurs formes, leurs distances, leurs grandeurs et leurs mouvements ; tandis que nous ne saurions jamais étudier par aucun moyen leur composition chimique.*

— Auguste Comte, à propos des étoiles, *Cours de philosophie positive*, 19e leçon (1835) — démenti par la spectroscopie dès 1859

physionova
physionova.academy

Pr. CHARIFI
professeurcharifi@gmail.com

Simulation associée sur **PhysioNova**
« Réseau plan »

O5 — Fiche résumé

L'essentiel en trois phrases

Un réseau fait interférer N ondes de même amplitude dont les phases sont en progression arithmétique : elles ne s'ajoutent toutes en phase que dans les directions θ_p données par la **relation fondamentale** $a(\sin\theta_p - \sin\theta_0) = p\lambda_0$. La construction de Fresnel montre que chaque pic principal a une demi-largeur de $\frac{2\pi}{N}$ en déphasage : avec $N \sim 10^4$, on obtient des raies très fines. Comme θ_p dépend de λ, le réseau est un spectromètre : il disperse d'autant plus que $|p|$ est grand et a petit, et résout d'autant mieux que $|p|N$ est grand.

I Relation fondamentale

Différence de marche et ordres R D

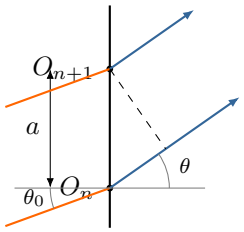
Entre deux motifs consécutifs (pas a, $n = \frac{1}{a}$ traits par mm) :

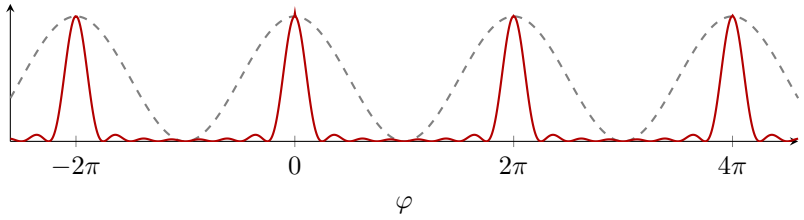
$$\delta = a(\sin\theta - \sin\theta_0) \qquad \varphi = \frac{2\pi\delta}{\lambda_0}$$

Pics principaux pour $\varphi = 2\pi p$:

$$a(\sin\theta_p - \sin\theta_0) = p\lambda_0,\ p \in \mathbb{Z}$$

Ordres limités par $|\sin\theta_p| \leq 1$; incidence normale : $|p| \leq \frac{a}{\lambda_0}$. Ordre 0 : non dévié, blanc.





Intensité normalisée : $N = 2$ (tirets, Young) et $N = 8$ (trait plein) ; mêmes positions, pics affinés.

Ordres de grandeur

TP : 100 à $600\,\text{traits}\cdot\text{mm}^{-1}$; spectromètres : jusqu'à $2400\,\text{traits}\cdot\text{mm}^{-1}$, $N \sim 10^4$–10^5. $600\,\text{traits}\cdot\text{mm}^{-1}$, ordre 1 : $\theta \approx 20°$ pour le jaune, $\mathcal{P} \approx 0{,}6\,\text{mm}\cdot\text{nm}^{-1}$ pour $f' = 1\,\text{m}$. Doublet du sodium ($\Delta\lambda = 0{,}6\,\text{nm}$) : $N \geq 1000$ en ordre 1 ($1{,}7\,\text{mm}$ de réseau). CD : $1{,}6\,\mu\text{m}$; DVD : $0{,}74\,\mu\text{m}$.

II Finesse des pics (Fresnel)

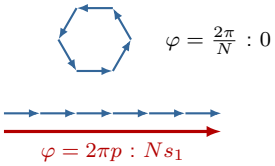
Demi-largeur R D

N vecteurs de même longueur s_1, tournés successivement de φ :

- $\varphi = 2\pi p$: alignés, amplitude Ns_1, intensité $N^2 I_1$;
- $\varphi = 2\pi p \pm \frac{2\pi}{N}$: polygone fermé, amplitude nulle.

$$\Delta\varphi_{1/2} = \frac{2\pi}{N} \qquad \Delta\theta_{1/2} = \frac{\lambda}{Na\cos\theta_p}$$

$N-2$ maxima secondaires faibles entre deux pics. Calcul de $I(\varphi)$ hors programme.



III Diffraction, déviation, dispersion, résolution

Diffraction R

Une ouverture de taille d diffracte dans un cône $\theta \approx \frac{\lambda}{d}$. Motif (largeur b) : enveloppe des ordres (ordres hors du cône $\frac{\lambda}{b}$ faibles, voire manquants). Pupille ($L = Na$) : finesse $\frac{\lambda}{L\cos\theta_p}$ des pics.

Minimum de déviation R D

$D = \theta_p - \theta_0$ minimale pour $\theta_p = -\theta_0$ (configuration symétrique) :

$$2a\sin\frac{D_m}{2} = p\lambda_0$$

Position stationnaire : pointé précis au goniomètre sans connaître l'incidence ; mesurer $2D_m$ entre les ordres $+p$ et $-p$.

★ À retenir

Pouvoir dispersif	$\mathcal{P} = \frac{\mathrm{d}\theta_p}{\mathrm{d}\lambda} = \frac{p}{a\cos\theta_p}$	croît avec $\lvert p\rvert$ et $n = \frac{1}{a}$, indépendant de N
Pouvoir de résolution	$\mathcal{R} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda_{\min}} = \lvert p\rvert N$	Rayleigh : maximum de l'une sur le zéro de l'autre
Résolution maximale	$\mathcal{R} \leq \frac{2L}{\lambda}$	seule compte la largeur éclairée $L = Na$
Recouvrement	$p\lambda_{\max} > (p+1)\lambda_{\min}$	visible : ordres 2 et 3 se recouvrent

Rouge **plus** dévié que le violet (inverse du prisme). Limitations de $\mathcal{R}$: nombre de traits éclairés (diffraction par la pupille), pouvoir séparateur du détecteur (pixels, œil $\approx 1'$), largeur de la fente source.

IV Méthodes et pièges

☞ Méthode — Exploiter un réseau M

- Fixer l'orientation des angles (depuis la normale, même sens pour θ_0 et θ) avant d'écrire la relation fondamentale.
- Lister les ordres possibles par $|\sin\theta_0 + \frac{p\lambda}{a}| \leq 1$.
- Mesure au goniomètre : minimum de déviation des ordres $\pm p$, $2a\sin\frac{D_m}{2} = p\lambda$; étalonner a avec une raie connue, puis mesurer λ.
- Résolution : calculer $\mathcal{R} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ demandé, en déduire N puis la largeur de faisceau Na ; vérifier aussi que le détecteur sépare $\Delta x = f'\mathcal{P}\Delta\lambda$.

✗ Attention, erreurs fréquentes

- La relation fondamentale porte sur deux motifs **consécutifs** : $\delta = pa\sin\theta$ ne s'écrit pas avec L.
- Un ordre demi-entier n'est pas forcément sombre pour $N > 2$ (zéros en $\varphi = \frac{2\pi k}{N}$).
- $\frac{2\pi}{N}$ est une demi-largeur en **déphasage**, pas en angle.
- Le pouvoir dispersif ne dépend pas de N ; le pouvoir de résolution ne dépend pas de a (à N fixé).
- Réseau par réflexion : $a(\sin\theta + \sin\theta_0) = p\lambda$ avec des angles comptés de part et d'autre de la normale.

Savoir-faire : je coche quand je sais

- ☐ Je sais établir $\delta = a(\sin\theta - \sin\theta_0)$ et la relation fondamentale.
- ☐ Je sais construire le diagramme de Fresnel et justifier la demi-largeur $\frac{2\pi}{N}$.
- ☐ Je sais décrire l'influence de la diffraction (motif et pupille) avec $\theta \approx \frac{\lambda}{d}$.
- ☐ Je sais établir la condition du minimum de déviation et en expliquer l'intérêt.
- ☐ Je sais calculer un pouvoir dispersif et comparer deux réseaux.
- ☐ Je sais établir $\mathcal{R} = |p|N$ par le critère de Rayleigh et citer ses limitations.