LP 36 : Diffraction par des structures périodiques

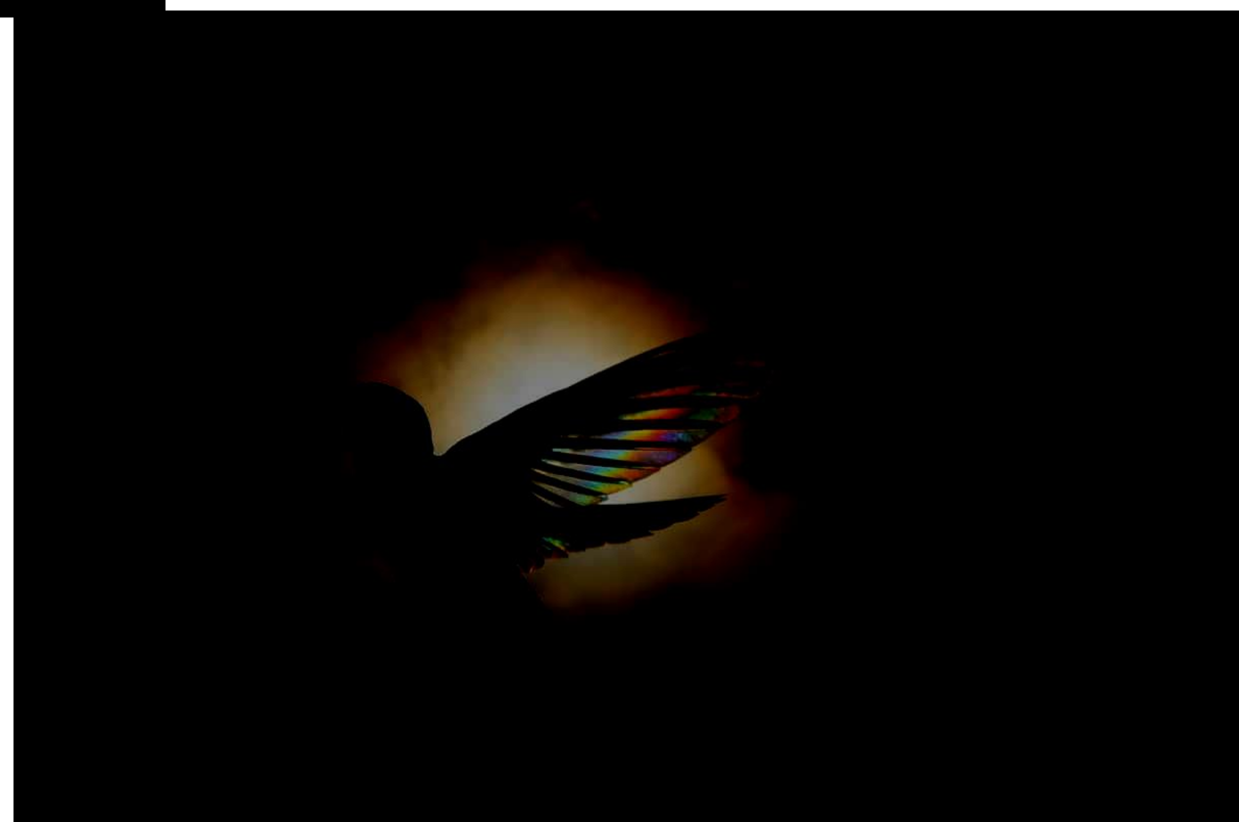
Niveau : L3

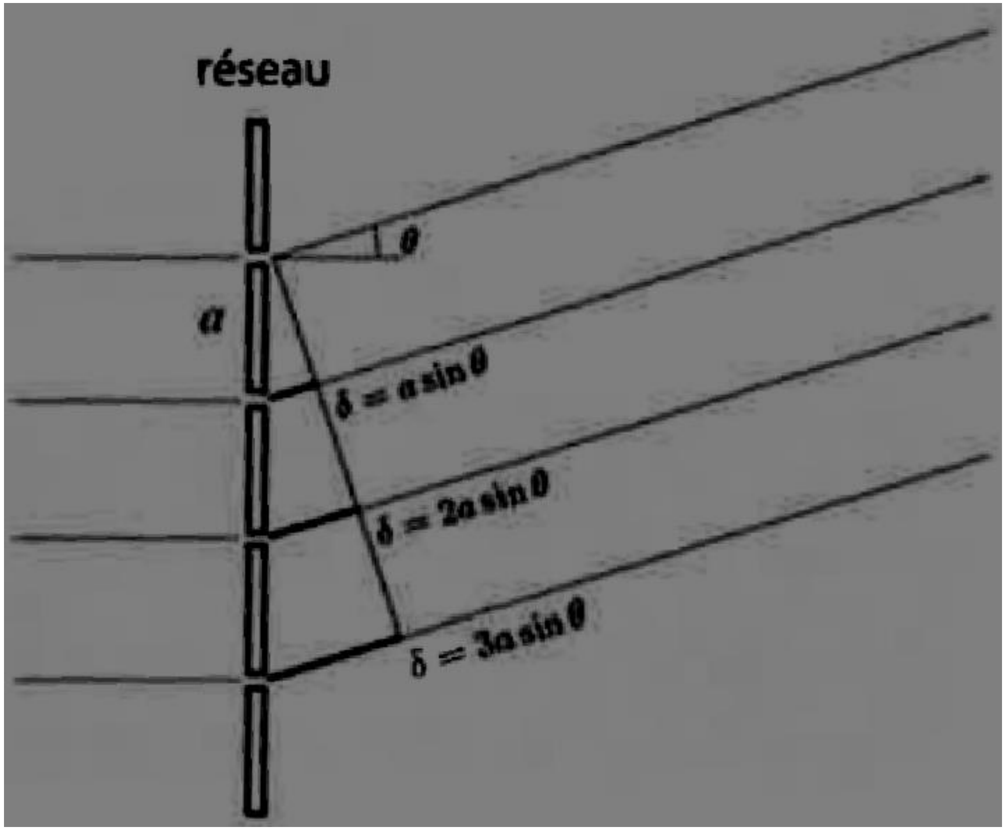
Prérequis :

- Diffraction de Fraunhofer (Diffraction par une fente de largeur b)
- Interférences (Formule des réseaux, transmission et réflexion)
- Cristallographie (Réseau de Bravais, Réseau réciproque, Maille, Motif, Plan réticulaires)
- Transformée de Fourier

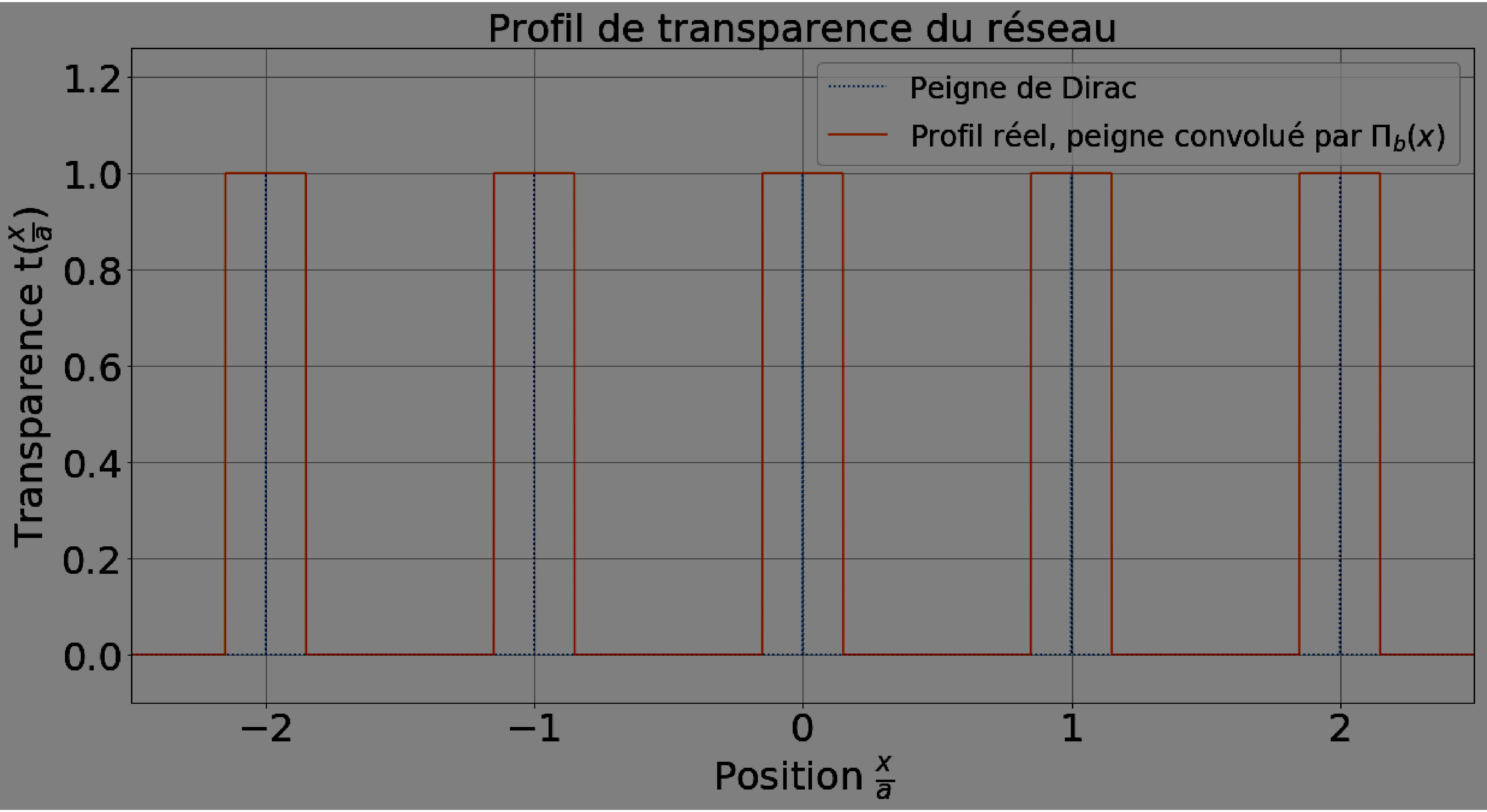
Diffraction par un rideau d’une lumière extérieure
Source : Wikipedia

Diffraction par les ailes d’un colibri
Crédit photo: Christian Spencer





Source : Taillet, Optique physique



Profil de transparence du réseau
Peigne de Dirac
Profil réel, peigne convolué par $\Pi_b(x)$
Transparence $t(\frac{x}{a})$
Position $\frac{x}{a}$
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
−2
−1
0
1
2

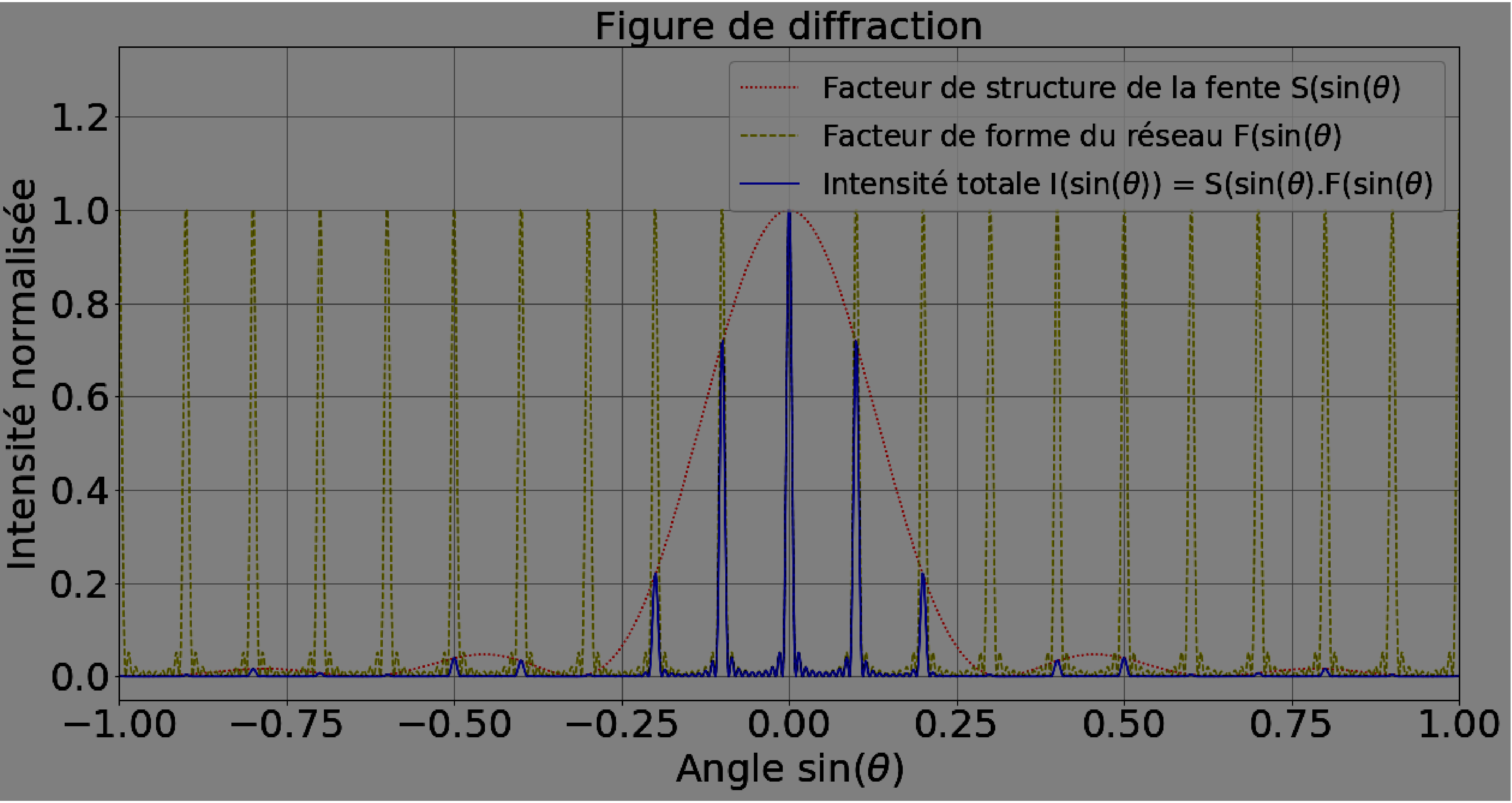


Figure de diffraction
Facteur de structure de la fente S(sin(θ)
Facteur de forme du réseau F(sin(θ)
Intensité totale I(sin(θ)) = S(sin(θ).F(sin(θ)
Intensité normalisée
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
−1.00
−0.75
−0.50
−0.25
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
Angle sin(θ)

Détermination du pas d'un CD-rom

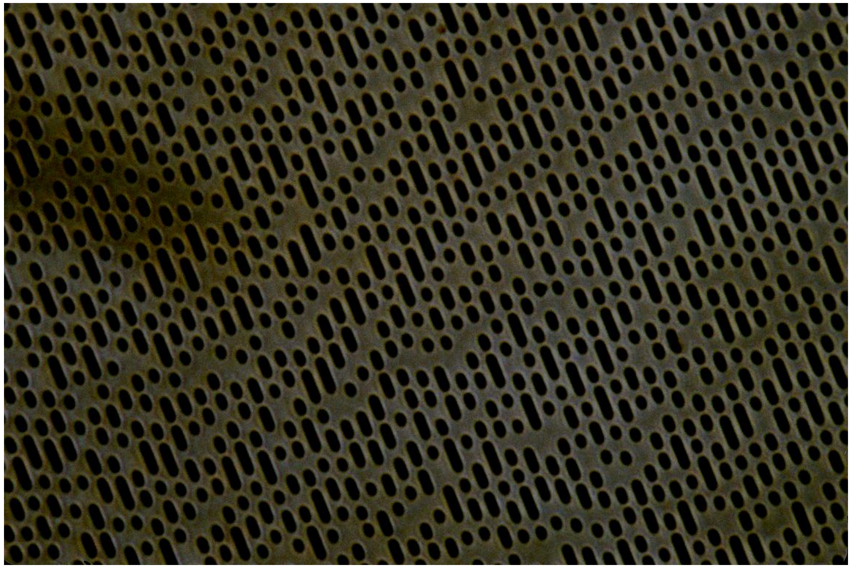
Formule des réseaux en réflexion :

$a = p\,\lambda / \sin(\theta_p)$

Ici : $p = 1$

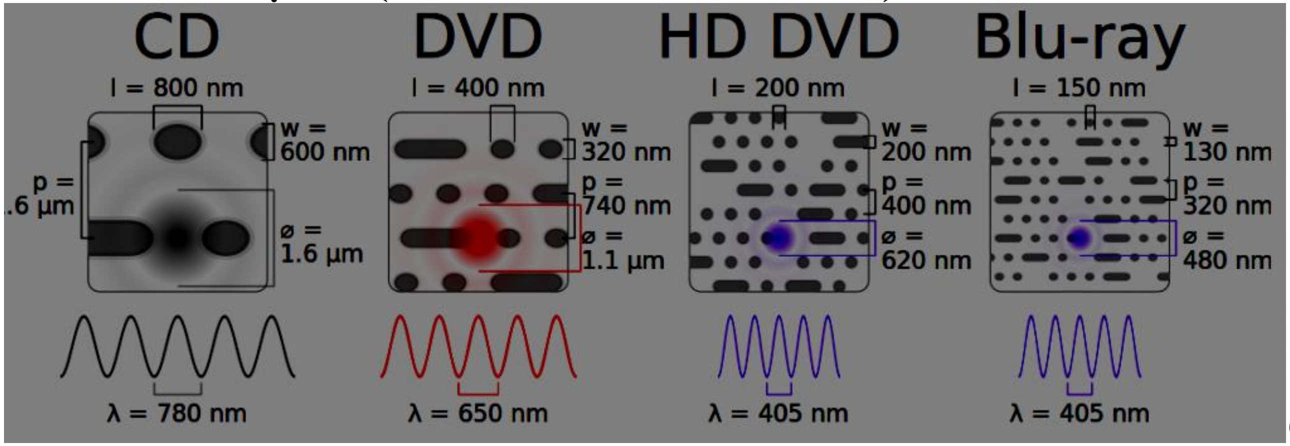
$\lambda = 532$ nm

$\sin(\theta_p) \approx 0{,}34$



Crédit photo : Laurent Douek

$a \approx 1{,}6\ \mu m$ (Standard du format)



Crédit illustration : Cmglee

Détermination du pas de l’aile du colibri

Formule des réseaux :

a = λ / sin(θ)

Avec sin(θ) = $\frac{l}{\sqrt{f'^2+l^2}}$

Ici : f’ ~ 50 mm

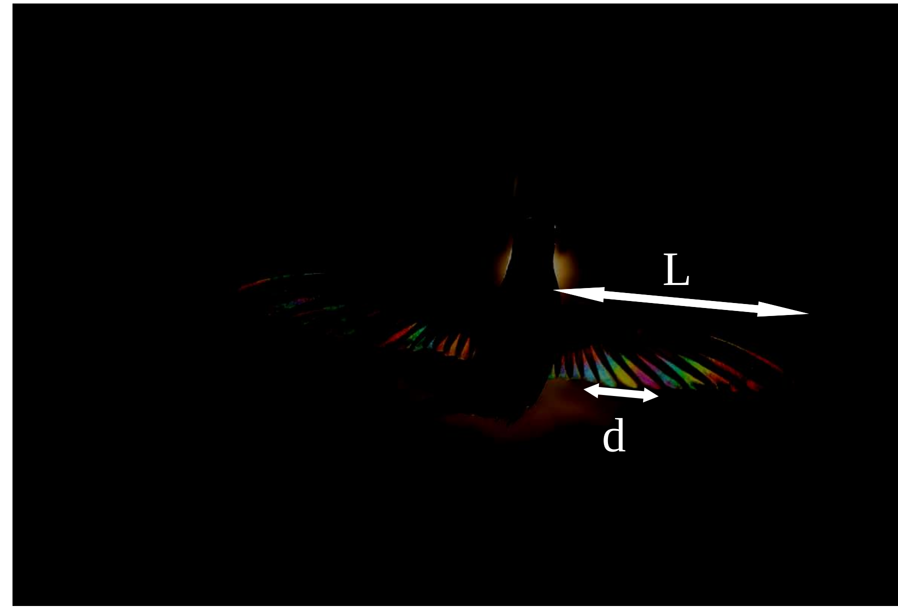
L ~ 10 cm

l ~ L/4 ~2 cm

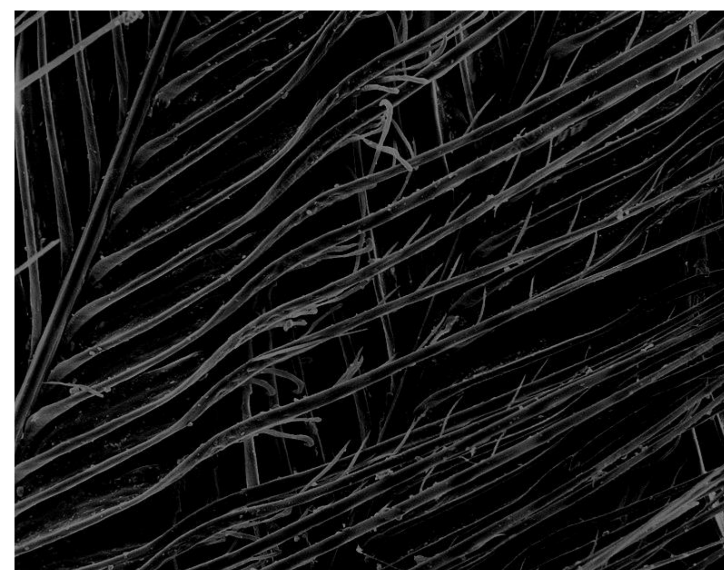
Donc sin(θ) ~ 0,37

λ ~400 nm

a ~ 1 µm (Cohérent avec la litterature)



Crédit photo : Laurent Douek



Crédit photo : Dennis Kunkel Microscopy

Réseaux de Bravais direct

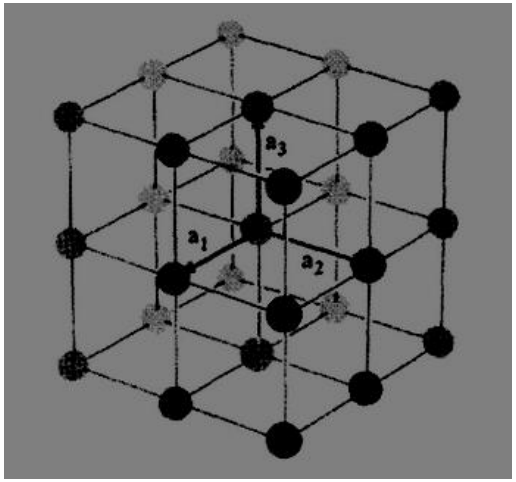
Soit trois vecteurs (**a** ,**b** ,**c**).

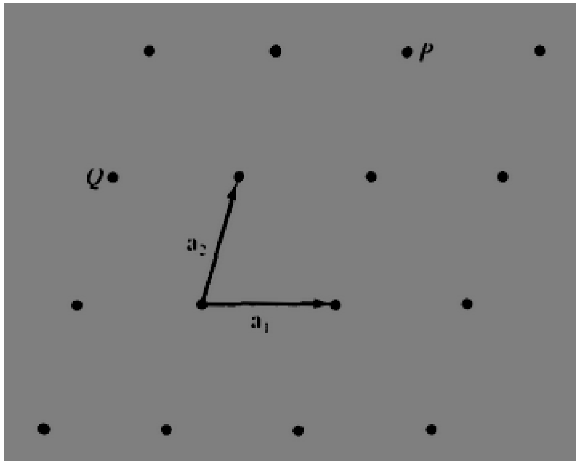
Un réseau de Bravais est l'ensemble des points de position :

$\mathbf{R}_{\mathbf{u,v,w}}$ = u**a** + v**b** +w**c** avec (u,v,w) entiers relatifs.

Il est décrit par la fonction :

$$S(\mathbf{r}) = \sum_{u,v,w} \delta(\mathbf{r} - \mathbf{R}_{u,v,w})$$





Source : Ashcroft et Mermin, Physique des solides

Réseaux de Bravais réciproque

Ensemble des vecteurs d'onde K donnant une onde plane de périodicité égale à celle du réseau de Bravais direct étudié

On a donc : $e^{i\mathbf{K}.\mathbf{R}} = 1 \Longleftrightarrow \mathbf{K.R = 2}\,\pi m$

Le réseau réciproque est lui même un réseau de Bravais de vecteurs (**a*** ,**b*** ,**c***)

$\mathbf{K}_{\mathbf{h,k,l}}$ = h**a*** + k**b*** +l**c*** avec (h,k,l) entiers relatifs.

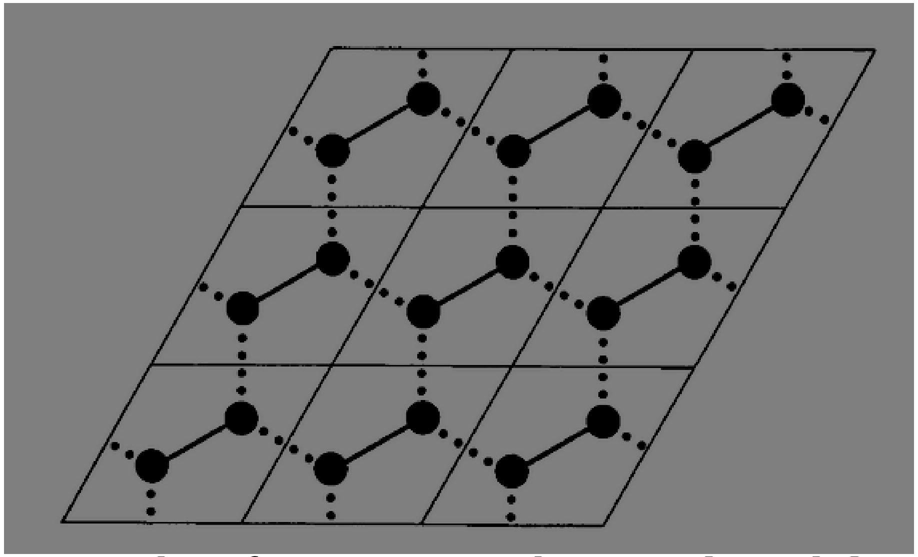
Il est décrit par la fonction :

$$S(\mathbf{q}) = \sum_{h,k,l} \delta(\mathbf{q} - \mathbf{K}_{h,k,l}) = TF(S(\mathbf{r}))$$

Motif et Réseau

Motif : Unité physique répétée à chaque nœud de réseau

Une structure cristalline est formé de l’union du motif et du réseau



Source : Ashcroft et Mermin, Physique des solides

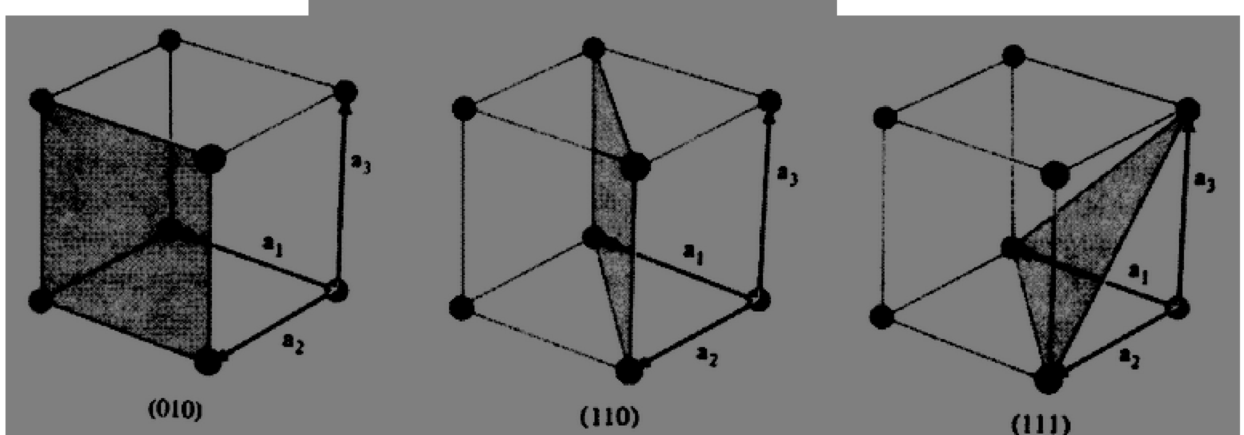
Source : Ma maison, mon jardin

Plan réticulaire

Plan donné par trois points du réseau non alignés. Engendre une famille de plan parallèles espacés de la distance d

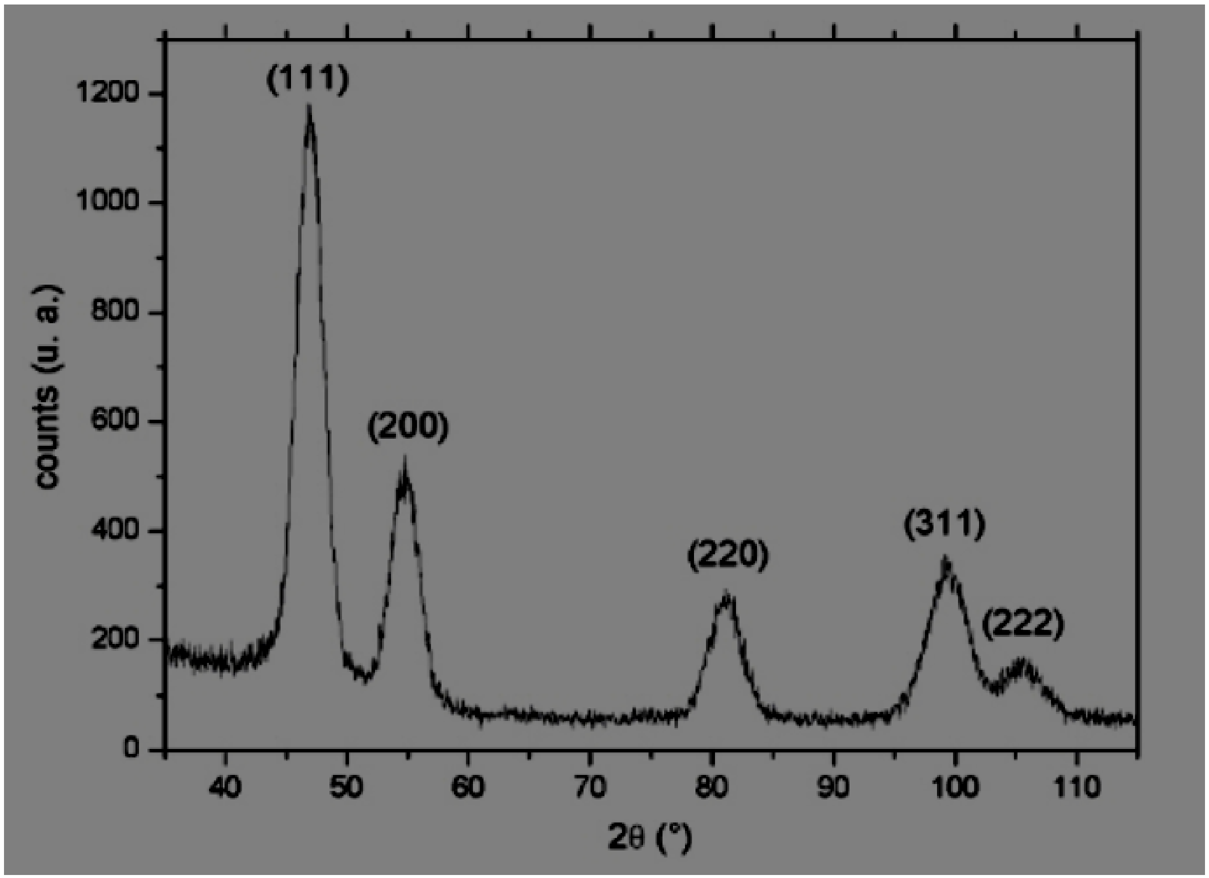
Un plan réticulaire est toujours orthogonal à un vecteur $\mathbf{K}_{\mathbf{h,k,l}}$ du réseau réciproque, tel que :

$$||\mathbf{K}_{h,k,l}|| = \frac{2\pi}{d}$$

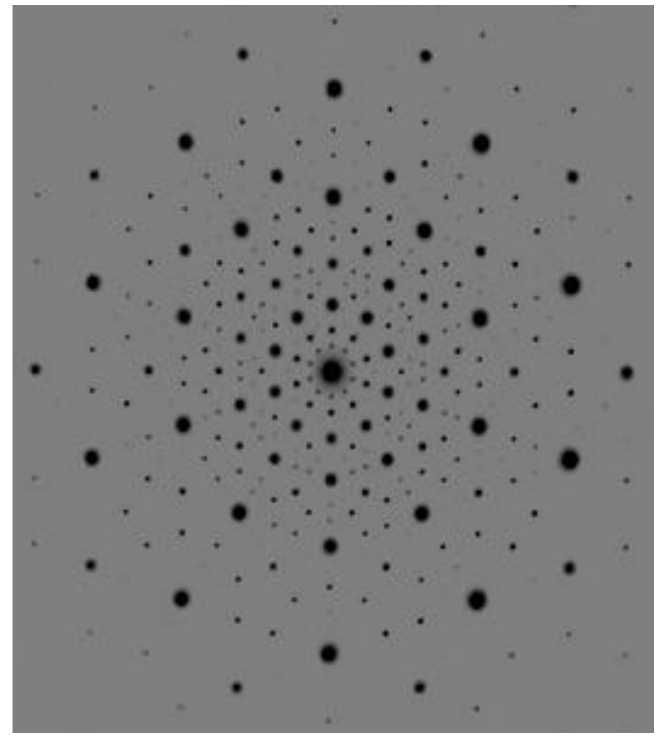


Source : Ashcroft et Mermin, Physique des solides

Conclusion

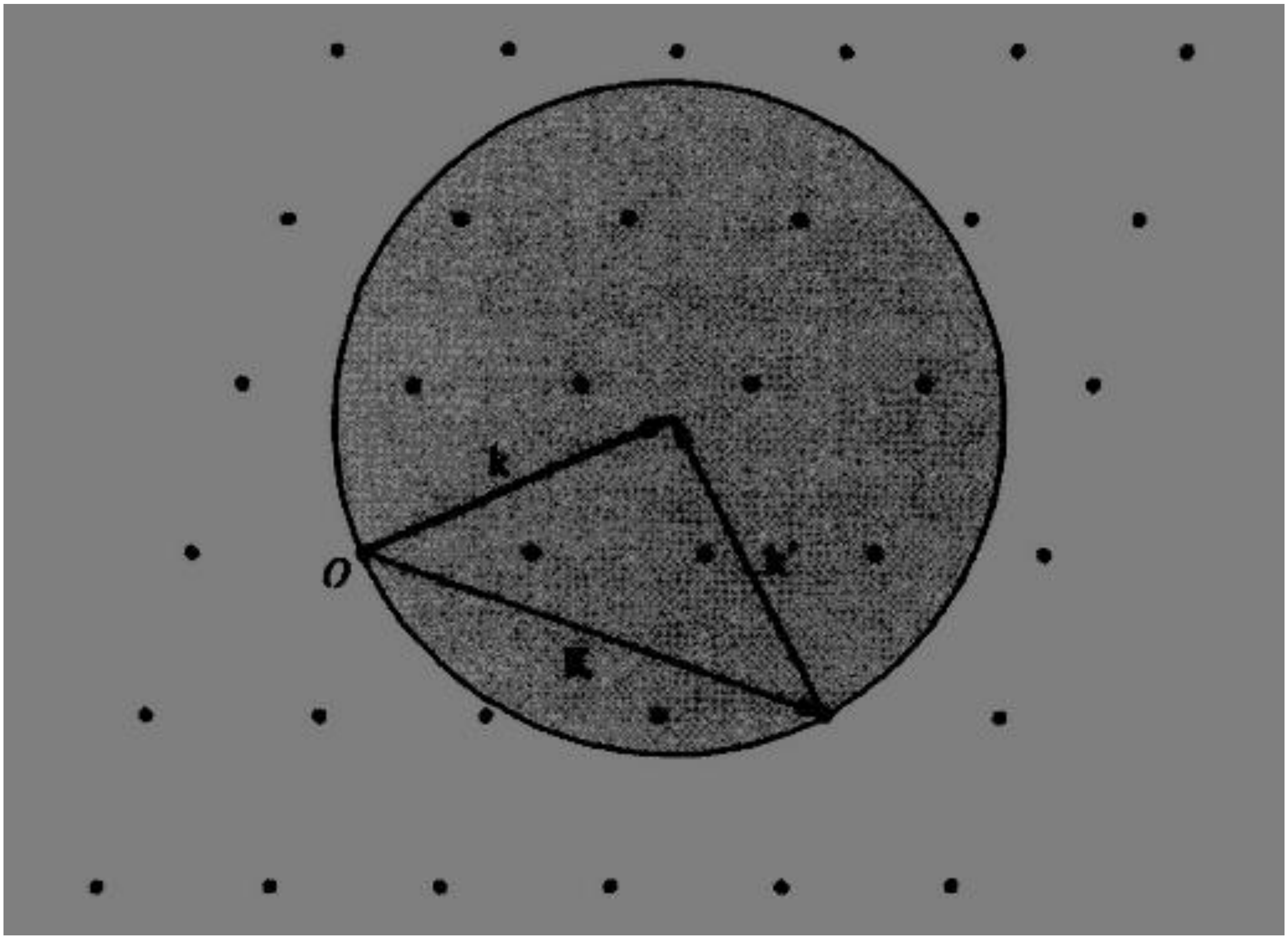


Source : M. Delalande et al. , Journal of Materials Chemistry, 2007, 17, 1579-1588.



Source : D. Shechtman et al. , Metallic Phase with Long-Ranged Orientational Order and No Trabslational Symmetry, Phys. Rev. Lett., volume 53, p. 1951, 1984.

Construction d'Ewald, mesure des pics



Source : Ashcroft et Mermin, Physique des solides