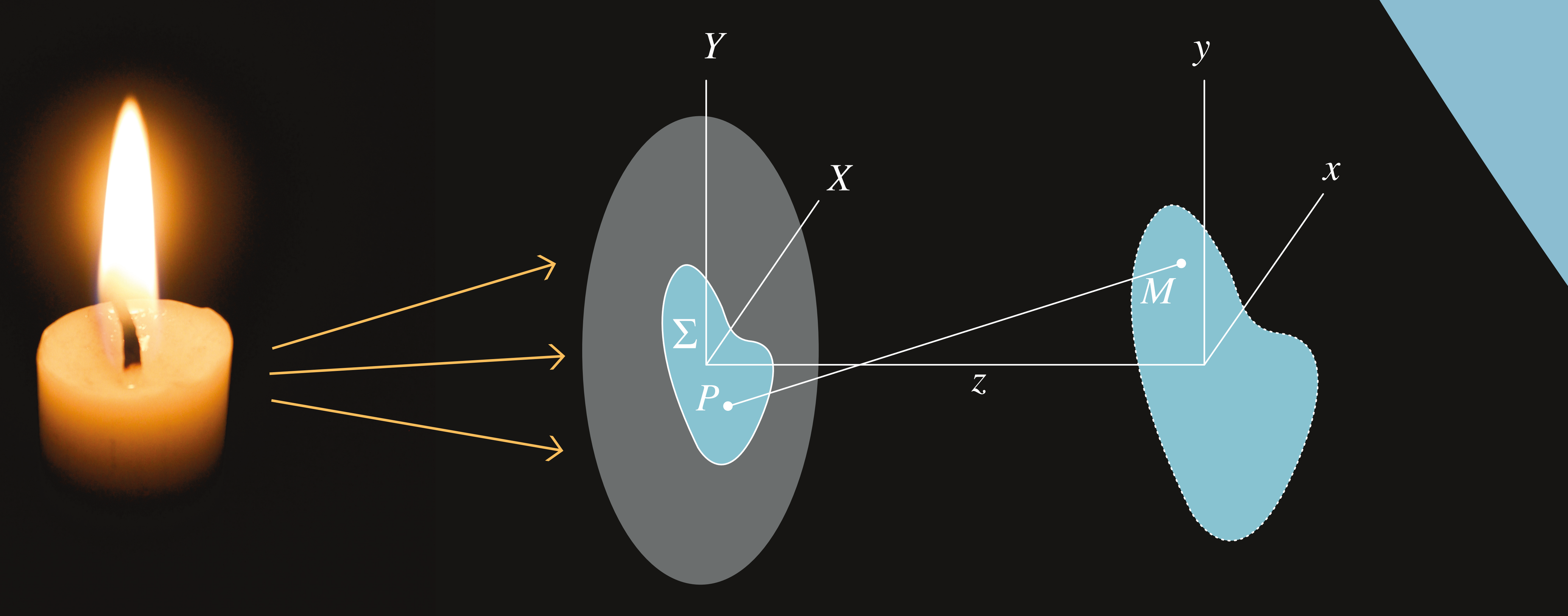

Source de lumière

Ecran primaire avec ouverture Σ dans un écran opaque

Image sur écran secondaire

Théorie de Fresnel

La Diffraction

Ce qu'il a fait : Fresnel a décrit de façon mathématique **la propagation de la lumière comme une onde émise par une « source » et traversant un dispositif optique.** Sa théorie combine la construction d'ondelettes secondaires de Huygens avec le principe d'interférence de Young. L'application la plus courante de la théorie de Fresnel consiste à calculer le champ lumineux en points *M(x,y)* situés dans un plan secondaire (écran) placé à une distance, *z*, d'une ouverture optique dans un écran primaire, optiquement opaque, éclairé par une source de lumière.

Pourquoi est-ce important ? C'est la configuration archétypale de la plupart des expériences en optique ainsi que de la grande majorité des instruments optiques connus tels que les appareils photo, télescopes, microscopes, et même nos propres yeux. Dans tous ces dispositifs, la diffraction de la lumière par l'ouverture tend à dégrader leurs performances, mais d'autres instruments, comme des spectromètres, exploitent la diffraction pour séparer la lumière en couleurs.

Qu'est-ce que c'est la diffraction ? Si la lumière se déplaçait simplement en ligne droite, tous les rayons lumineux tombant sur l'ouverture continueraient directement vers l'écran, y produisant des régions de lumière et d'ombre séparées par des contours nets. Mais dans les faits, **les bords de l'ombre sont flous et la lumière peut tomber sur des régions de l'écran** qu'une propagation en ligne droite serait incapable d'atteindre. Ceci s'appelle la diffraction. Ci-dessous, nous pouvons observer des motifs de diffraction produits par des ouvertures circulaires et carrées.

« Formule » de Fresnel : la formulation de Fresnel précise la valeur complexe, *E(M)*, du champ lumineux en chaque point de l'écran d'observation, par une intégrale sur des « sources » secondaires, *P(X,Y)*, du type Huygens et qui sont situées à l'intérieur de l'ouverture. Suivant les diverses approximations et intuitions de Fresnel, sa méthode pour calculer le champ dans le plan de l'écran s'écrit (en notation moderne) :

$$E(M) = \frac{e^{ikz}}{i\lambda z}\iint_{\Sigma} E(P)\exp\left\{\frac{i\pi}{\lambda z}\left[(x-X)^2+(y-Y)^2\right]\right\}dXdY$$

On remarque ici l'apparition de nombres « complexes », le nombre « imaginaire », *i*, ainsi que la célèbre formule d'Euler :

$$\exp(i\theta) = e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta$$

Des mathématiques de haut vol : à l'époque de Fresnel, de telles formules faisaient parties de mathématiques de pointe et encore aujourd'hui, quelques années de formation universitaire sont généralement nécessaires avant de pouvoir comprendre et utiliser cette théorie. La quantité intégrée dans la formule de Fresnel est caractérisée par des oscillations rapides, et en dehors des cas les plus simples, l'intégrale doit être évaluée numériquement. Ainsi, de tels calculs s'avèrent délicats même avec l'aide d'ordinateurs modernes, mais quand on réussit à résoudre les intégrales de Fresnel dans des domaines où toutes les approximations sont valables, ÇA MARCHE !

Diffraction par une ouverture circulaire

Diffraction par une ouverture carrée