

## Outils Numériques pour l'Ingénieur·e en Physique

2023-2024

6N-076-PHY / ONIP-2

Bloc 4 - Objets / Projet A ( 100%)

### Concepts étudiés

[PHYS] Photométrie  
[PHYS] Simulation éclairement  
[PHYS] Modélisation source ponctuelle  
[NUM] Affichage 2D et 3D

### Mots clefs

Photométrie ; Sources lumineuses ;  
Éclairement

### Sessions

0 Cours(s) - 1h30  
0 TD(s) - 1h30  
6 TD(s) Machine - 2h00  
0 TP(s) - 4h30

### Travail

Par binôme

## Projet A - Éclairement produit par un ensemble de sources lumineuses

Dans ce projet, on cherche à **calculer la carte d'éclairement** produit par un **ensemble de sources incohérentes**.

Les sources seront modélisées de manière approchée (valable si l'on n'est pas trop près du composant) comme une **source ponctuelle** ayant un diagramme de rayonnement possédant une symétrie de révolution autour d'un axe.

D'un point de vue programmation, vous devrez développer ce projet selon les règles de la **programmation orientée objet**.

Aucune fonction ne devra être utilisée en dehors d'un objet.

### Acquis d'Apprentissage Visés

En résolvant ce problème, les étudiant·e·s seront capables de :

#### CÔTÉ NUMÉRIQUE

1. **Créer des classes** (sources, plan de projection...)
2. **Définir et documenter les méthodes et attributs** de chaque classe
3. **Produire des figures** claires et légendées à partir de signaux numériques - incluant un titre, des axes, des légendes

#### CÔTÉ PHYSIQUE

1. **Modéliser une source ponctuelle** de lumière
2. **Réaliser une carte d'éclairement** pour N sources ponctuelles

Institut d'Optique  
Graduate School, France  
<https://www.institutoptique.fr>

GitHub - Digital Methods  
<https://github.com/IOGS-Digital-Methods>

## Livrables attendus

Vous aurez 10 minutes lors de la séance 6 pour présenter l'ensemble de vos résultats et vos analyses.

Pour valider cette session, vous devez **présenter** les **livrables suivants** :

1. **Classes commentées** (selon la norme PEP 257) pour générer des objets de type sources et de type plan de projection
2. **Graphiques légendés** incluant toutes les données nécessaires à la bonne compréhension des données présentées
3. **Analyse des figures** obtenues

## Données à traiter

Dans cette séquence, vous serez amenés à utiliser des données provenant d'un fichier de points issu d'un **oscilloscope**. Le fichier se nomme B3\_DATA\_01.CSV (modulante sinusoïdale).

Le signal qu'il contient est un enregistrement d'une **transmission d'informations modulées en amplitude** par un signal porteur sinusoïdal.

Deux autres fichiers vous sont également proposés :

- B3\_DATA\_02.TXT contenant un signal sonore modulé en amplitude à déchiffrer...
  - Format de données binaire 64 / Modulante sinusoïdale / Fichier sonore : 24 kHz / 16 bits
- B3\_DATA\_03.TXT contenant un ensemble de signaux modulés en amplitude à l'aide de différentes porteuses.
  - Format de données binaire 64 / Modulantes sinusoïdales / Fichier sonore : 160 kHz / 16 bits

## Ressources

Cette séquence est basée sur le langage Python.

Vous pouvez utiliser l'environnement **Spyder 5** inclus dans *Anaconda 3*.

Des tutoriels Python (et sur les bibliothèques classiques : Numpy, Matplotlib or Scipy) sont disponibles à l'adresse : <http://lense.institutoptique.fr/python/>.

## Outils Numériques

Fonctions et bibliothèques conseillées :

- **Numpy** gestion de matrices :
  - `arange`
  - `linspace`
  - `logspace`
- **Matplotlib** affichage de données :
  - `plotly`
  - `figure, plot`
  - `subplot`
  - `legend, title`
  - `xlabel, ylabel`
  - `show`
- **Scipy** fonctions scientifiques :
  - `fftpack` sublibrary
  - `fft, ifft`
  - `fftshift`
  - `fftfreq`

Outils avancés :

- **rcParams** de Matplotlib.pyplot pour l'amélioration de l'affichage de courbes

# Etapes

*Les représentations graphiques à produire à chacune des étapes seront accompagnées de **renseignements quantitatifs** comme la valeur moyenne de l'éclairement, son écart-type et son écart Pic à Vallée, absolus et relatifs, sur l'ensemble de la zone représentée (ou sur une sous-partie rectangulaire ou circulaire de celle-ci). Par ailleurs, une **représentation en 3D de la position et de l'orientation des N sources** sera utile.*

## **Etape 1 Carte d'éclairement pour une source ponctuelle - direction perpendiculaire par rapport au plan éclairé**

- Création d'une classe LED\_source
- Création d'une classe Carte
- Affichage 2D d'une carte avec une source ponctuelle
- Affichage position des sources sur la carte
- Validation du modèle

## **Etape 2 Carte d'éclairement pour une source ponctuelle - direction quelconque par rapport au plan éclairé**

- Modification de la classe LED\_source
- Affichage 2D d'une carte avec une source ponctuelle
- Affichage position des sources sur la carte
- Validation du modèle

## **Etape 3 Carte d'éclairement pour N sources ponctuelles - direction quelconque par rapport au plan éclairé**

- Modification de la classe LED\_source
- Affichage 2D d'une carte avec une source ponctuelle
- Affichage position des sources sur la carte
- Validation du modèle

## **Ouverture A Carte d'éclairement 3D**

- Affichage 3D d'une carte avec une source ponctuelle avec position des sources sur la carte

## **Ouverture B Optimisation d'un éclairage**

- Optimisation du nombre et de l'orientation de LEDs pour obtenir un flux lumineux donné sur un plan de travail

## **Ouverture C Réalisation d'une IHM / PyQt6**

- Utilisation de PyQt6 pour l'intégration des précédentes fonctions dans une IHM
- Intégration des graphiques avec pyqtgraph
- Possibilité d'ajouter des sources et d'afficher la contribution indépendante de chacune des sources

# Critères d'évaluation

- **METHODES NUMERIQUE**
  - **Ecriture Matricielle / Vectorielle**
    - \* utilisation des méthodes liées aux vecteurs/matrices (Numpy)
    - \* aucune boucle **for** inutile
  - **Organisation en actions élémentaires**
    - \* les étapes sont découpées en fonctionnalité plus simple à tester
  - **Description des tests de validation**
    - \* chaque fonction a été testée
    - \* chaque étape a été validée
  - **Organisation des informations à traiter**
    - \* les données sont rangées dans des objets bien identifiés
- **PROGRAMMATION**
  - **Ecriture globale du code et commentaires (PEP 8)**
    - \* variables et fonctions respectant les conventions d'écriture standard
    - \* commentaires utiles
  - **Utilisation, écriture de fonctions**
    - \* paramètres et retours pertinents des fonctions
  - **Documentation des fonctions (PEP257)**
    - \* paramètres et retours des fonctions sont documentés
  - **Création de classes et d'objets**
    - \* classe contenant des attributs et méthodes pertinents
    - \* aucune fonction n'est appelée en dehors d'un objet
- **INGENIEUR.E PHYSIQUE**
  - **Graphiques pertinents et légendés**
    - \* graphiques scientifiques (axes, titre...)
    - \* axes des graphiques légendés (passage temps/fréquence)
  - **Organisation en actions élémentaires**
    - \* les étapes sont découpées en fonctionnalité plus simple à tester
  - **Génération de données pertinentes de tests**
    - \* choix de la position des sources pertinent
  - **Analyse des données et validation modèle**
    - \* comparaison avec la théorie
    - \* analyse pertinente des cartes obtenues
- **AVANCEMENT**
  - Etapes 1 et 2 : C
  - Etapes 1, 2 et 3 : B
  - Un des bonus : A
  - Tous les bonus : A+++++

# Quelques éléments supplémentaires

## Modélisation d'une diode électroluminescente

Les sources (par exemple des LEDs) seront modélisées de manière approchée (valable si l'on n'est pas trop près du composant) comme des **sources ponctuelles**. Ces sources ont un **diagramme de rayonnement** possédant une **symétrie de révolution** autour d'un axe orienté.

L'indicatrice de rayonnement pourra être considérée comme gaussienne, et caractérisée par son intensité visuelle vers l'avant sur l'axe  $I_0$  (en candela) et sa largeur totale à mi-hauteur  $\Delta$ .

Cette indicatrice peut-être modélisée par l'équation suivante :

$$I(\alpha) = I_0 \cdot \exp(-(4 \cdot \ln(2)) \cdot (\alpha/\Delta)^2)$$

où  $\alpha$  est l'angle entre la direction d'émission et l'axe de la source ( $\alpha \in [0^\circ, 180^\circ]$ ).

## Positionnement d'une source

Le positionnement de la source dans l'espace sera caractérisé par ses coordonnées  $(x, y, z)$  et l'orientation de son axe de symétrie par deux angles ( $\theta$  et  $\phi$ ).

## Eclairement / Formule de Bouguer

L'éclairement fourni par une source ponctuelle en un point M de l'espace séparé d'une distance  $d$  et d'une inclinaison de  $\psi$  par rapport à la direction de la source ponctuelle, est données par la relation photométrique suivante :

$$E = \frac{I \cdot \cos(\psi)}{d^2}$$

L'éclairement produit par N sources (incohérentes) est la somme des éclairements produits par chaque source.