



# INTERFAÇAGE NUMÉRIQUE

Travaux Pratiques

Semestre 6

---

## Banc de mesure de rayonnement

---

4 séances

*Ce sujet est disponible au format électronique sur le site du LEnsE - <https://lense.institutoptique.fr/> dans la rubrique Année / Première Année / Interfaçage Numérique S6 / Banc de mesure de rayonnement lumineux.*



## Banc de mesure de rayonnement

À l'issue des séances de TP concernant le **bloc d'acquisition d'un diagramme de rayonnement**, les étudiant·es seront capables de :

- Développer et mettre en œuvre une **solution d'électronique embarquée** pour **acquérir des données analogiques** et commander un élément mobile.
- Mettre en œuvre un **protocole simple de communication** entre un ordinateur et un microcontrôleur pour transmettre des commandes et lire des données
- Optimiser une **interface informatique** de pilotage et d'affichage de données

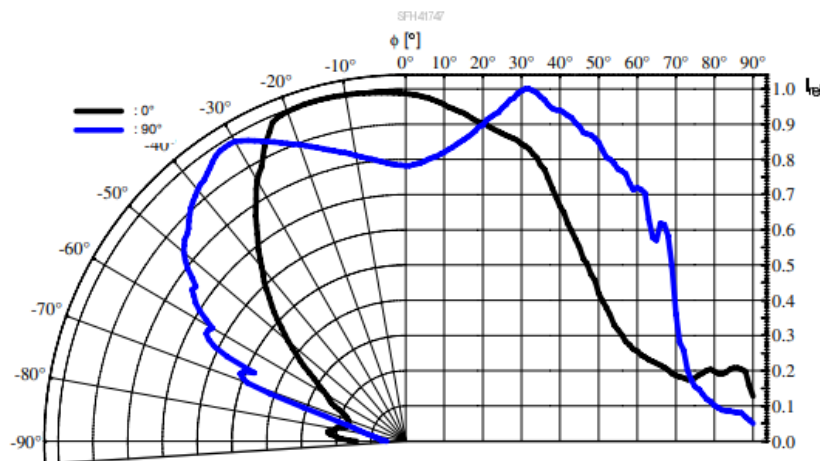
## Objectifs du mini-projet

L'objectif principal de ce mini-projet est d'**automatiser un banc de mesure de rayonnement lumineux** à l'aide d'un ordinateur et d'une interface en Python. Le matériel est piloté par une carte à microcontrôleur à laquelle il faudra envoyer des commandes selon un protocole série.

Un diagramme de rayonnement lumineux est la **représentation graphique** de la **distribution angulaire** d'une grandeur caractérisant le rayonnement d'une source lumineuse.

### Radiation Characteristics 7), 8)

$$I_{e,rel} = f(\varphi)$$



Exemple de diagramme de rayonnement d'une LED OSRAM SFH 41747 (documentation technique)

Vous aurez à votre disposition une **maquette** permettant la mise en mouvement d'un système de photo-détection autour d'une source de puissance à LED. Cette maquette est pilotée par une carte Nucléo (contenant un microcontrôleur).

## Déroulement du bloc

*La liste des étapes à suivre pour la réalisation du programme embarqué de la plateforme de rayonnement lumineux est donnée à titre indicatif. L'ordre et le choix des différentes étapes sont laissés à l'appréciation des différents binômes.*

*Afin de faciliter la réutilisation des codes, il pourra être intéressant de définir des fonctions pour le pilotage des différents éléments.*

### Séance 1 / Arduino et Nucléo-STM32 (sans maquette !!)

*Le sujet de cette séance est fourni dans un document annexe, disponible aussi sur le site du LEnsE - <https://lense.institutoptique.fr/> dans la rubrique Année / Première Année / Interfaçage Numérique S6 / Bloc Systèmes embarqués / Intro Arduino et STM32.*

**Etape 0 - 30 min** Installer les drivers STM32 et tester un premier programme

**Etape 1 - 45 min** Piloter des sorties numériques - LED

**Etape 2 - 45 min** Acquérir des données numériques - Bouton-poussoirs

**Etape 3 - 45 min** Mettre en œuvre des interruptions sur des événements externes

**Etape 4 - 45 min** Utiliser des sorties modulées en largeur d'impulsion (PWM) - LEDs

**Etape 5 - 60 min** Acquérir des données analogiques - Potentiomètre

### Séance 2 / Prise en main de la maquette et automatisation de la mesure

**Etape 6 - 60 min** Piloter l'intensité des LEDs de la maquette

**Etape 7 - 60 min** Piloter le servomoteur de la maquette

**Etape 8 - 90 min** Définir et tester une première structure de code permettant de piloter le servomoteur en faisant une acquisition de la luminosité à pas régulier

**Etape 9 - 60 min** Récupérer les données à l'aide du moniteur Série du logiciel Arduino

### Séance 3 / Mise en place d'un protocole de communication

**Etape 10 - 90 min** Mettre en place un protocole de communication basé sur une liste de commandes et intégrer à la structure du code embarqué

**Etape 11 - 90 min** Utiliser la bibliothèque pySerial en Python pour envoyer les commandes à la carte Arduino

**Etape 12 - 90 min** Tester la communication entre la carte Arduino et le script Python pour afficher les données

### Séance 4 / Application complète

Cette dernière séance sera consacrée à la finalisation des différents programmes : embarqué sur la carte Arduino pour la mesure automatique et sur l'ordinateur pour le pilotage de la maquette et l'affichage des données.

Selon le temps restant, il sera possible d'intégrer les fonctions écrites en Python dans une interface graphique, dont la structure de base est fournie.

---

## Séance 2 / Prise en main de la maquette et automatisation de la mesure

---

### Objectifs de la séance

Cette seconde séance est consacrée à la **prise en main de la maquette** et à l'automatisation de la mesure de l'intensité lumineuse d'une source à LED (par exemple).

### Description de la maquette

#### Éléments constitutifs

La maquette est constituée :

- d'une source de lumière, une LED de puissance
  - d'une photodiode, associée à un circuit de photodétection simple
  - d'un servomoteur, permettant de positionner le bras supportant la photodiode au dessus de la source lumineuse selon un angle donné
  - d'une carte de contrôle
  - d'une carte Nucléo L476RG
- PHOTO!!

#### Alimentation électrique

Les bornes d'alimentation notées **Alim** 5 V permet d'alimenter le servomoteur.

Les bornes notées **anode** et **cathode** permettent d'alimenter la LED de puissance.

---

**La tension maximale admissible par le servomoteur est de 6 V !**  
**Le courant maximal admissible par la LED de puissance est de 200 mA !**

---

## Brochage

Maquette	Broche Nucléo	Type	Description
LED1	PC7	Sortie / PWM	Led active à l'état haut
LED2	PB13	Sortie / PWM	Led active à l'état bas
SW1	PC6	Entrée	Bouton-poussoir, par défaut état bas
SW2	PC8	Entrée	Bouton-poussoir, par défaut état bas
USERBUTTON	PC13	Entrée	Bouton-poussoir, par défaut état haut
SERVO	PB7	Sortie / PWM	Servomoteur - T = 20 ms
PHOTODIODE	PC3	Entrée analogique	Photodiode (montage simple avec R variable)
RÉSISTANCE THERMIQUE	PC1	Entrée analogique	Résistance Thermique CT10k
SPI	PA5 PA6 PA7	Sortie	Signal d'horloge
SCK		Entrée	Données entrantes
MISO		Sortie	Données sortantes
MOSI			
POT NUM	SPI	MCP4132	Potentiomètre Numérique Monté dans un pont diviseur
CS	PB9	Sortie	Sortie du pont diviseur
Pot Num In	PB0	Entrée analogique	
LED PUISSANCE	SPI	MCP4132	Potentiomètre numérique / Contrôle courant dans Driver BCR430-UW6
CS	PB5	Sortie	

### Utilisation de la sortie modulée PB7

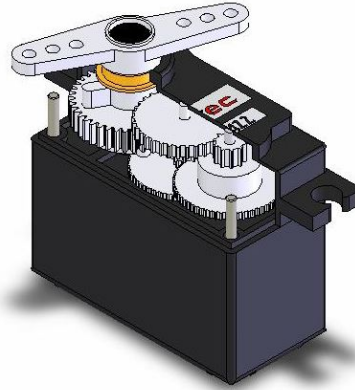
```
1 LL_GPIO_SetAFPin_0_7(GPIOB, GPIO_PIN_7, GPIO_AF1_TIM2);
```

## Etape 6 / Piloter l'intensité des LEDs de la maquette

→ **M** Réaliser un programme qui permet de modifier la luminosité des diodes LED1 et LED2 de la maquette à l'aide des deux bouton-poussoirs SW1 et SW2 (un pour augmenter, l'autre pour diminuer la luminosité). **Votre programme devra utiliser uniquement le principe d'interruption.**

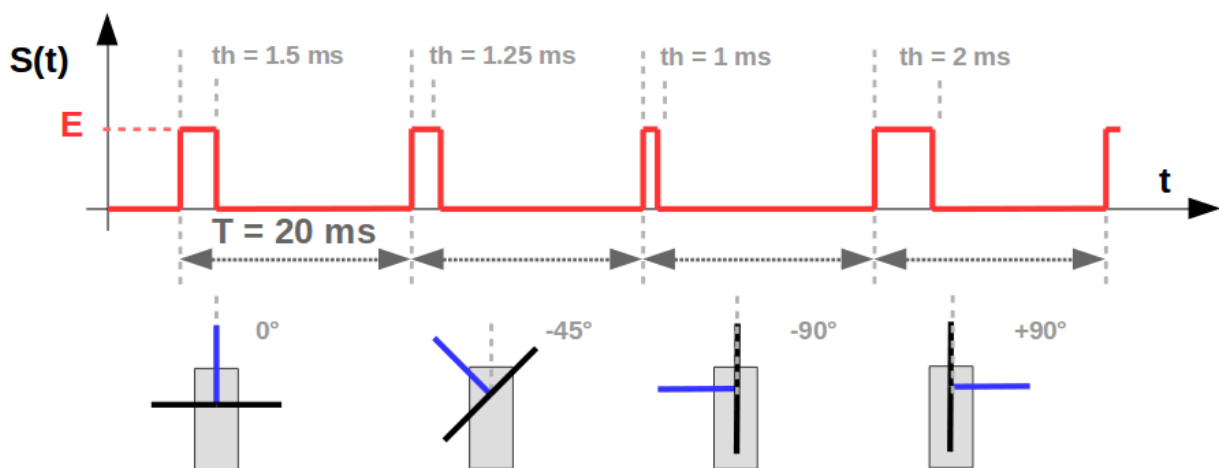
## Etape 7 / Piloter le servomoteur de la maquette

Un servomoteur est un actionneur qui réalise une rotation d'un angle calibré en fonction d'une commande externe.



Servomoteur - coupe interne (Crédit : redohm.fr)

Le pilotage d'un servomoteur se fait à l'aide d'un **signal modulé en largeur d'impulsions**. Le signal de commande est un **signal rectangulaire** (numérique) de période fixée à 20 ms. C'est ensuite la durée du temps haut qui permet de modifier l'angle de sortie du servomoteur :



## Bibliothèque Servo.h

Pour piloter un servomoteur, il existe une bibliothèque nommée *Servo.h*. On pourra s'inspirer du programme d'exemple pour Nucleo-64 SERVO / SWEEP.

## Travail à réaliser

- M Tester le code *Sweep* fourni par Arduino, en adaptant la sortie utilisée par le servomoteur sur la maquette.
- M Créer une fonction permettant de positionner le servomoteur à un angle particulier. Tester votre fonction.

## Etape 8 / Définir et tester une première structure de code

On cherche à présent à **automatiser l'acquisition des données** de luminosité en fonction de l'angle d'observation.

→ **M** Réaliser une fonction qui, à partir d'un **angle de départ**, d'un **angle d'arrivée** et d'un **pas angulaire**, permet, pour tous les angles concernés, de :

- déplacer le servomoteur au prochain angle ;
- faire l'acquisition de la luminosité dans un tableau de données.

*Le servomoteur ne réagit pas instantanément. Il est donc nécessaire d'ajouter un temps de pause entre le déplacement et l'acquisition.*

→ **M** Tester votre fonction.

## Etape 9 / Récupérer les données à l'aide du moniteur Série du logiciel Arduino

### Transmission des données par liaison série

Il est possible de transmettre des données par l'intermédiaire d'une **liaison dite Série** entre le microcontrôleur et l'ordinateur.

C'est un protocole asynchrone de transfert de données point à point. Les échanges se font en **Full-Duplex** grâce à deux signaux distincts **RX** (réception) et **TX** (transmission).

Pour tester la liaison Série ainsi que l'affichage, on pourra utiliser le programme 01. **BASICS / ANALOGREADSERIAL** et l'outil **Traceur Série** (dans **OUTILS / TRACEUR SÉRIE** du logiciel Arduino).

→ **M** Réaliser une fonction qui permet de transmettre par la liaison série les valeurs sauvegardées dans le tableau de données précédemment acquis.

→ **M** Tester votre fonction.

### Premier diagramme de rayonnement

→ **M** Alimenter la LED de puissance avec un courant d'environ 50mA.

→ **M** Faire l'acquisition des valeurs d'intensité lumineuse pour des angles allant de 0 à 180 deg par pas de 10 deg et transmettre les données par liaison Série afin d'afficher le diagramme résultant sur le traceur Série.

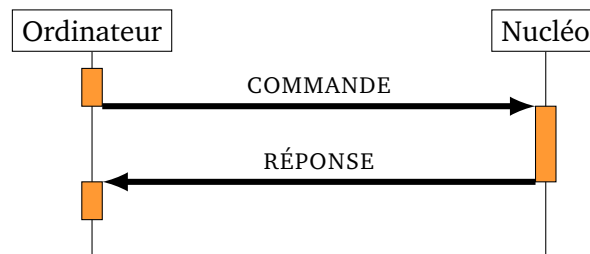


## Séance 3 / Mise en place d'un protocole de communication

### Objectifs de la séance

Cette séance a pour but de mettre en place un **protocole de communication** entre la carte embarquée et l'ordinateur, d'abord à l'aide d'un moniteur série puis à l'aide d'un script en Python.

L'ordinateur, maître de la communication, devra envoyer des commandes à la carte embarquée, qui devra les exécuter puis acquitter du bon déroulement de l'opération.



*Un exemple de code pour la transmission des commandes A et D, à analyser et à tester, est fourni.*

### Protocole de communication

Un **protocole de communication** est un ensemble de règles, de conventions et de formats définis pour permettre l'échange d'informations entre différents systèmes. Il détermine comment les données sont structurées, envoyées, reçues et interprétées par les parties communicantes.

Il est important lorsqu'on souhaite **construire un protocole de communication** de :

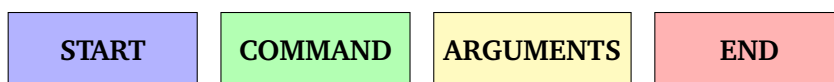
- **choisir un protocole de bas niveau** pour la transmission des commandes et des réponses
- définir la **structure des commandes**
- planifier la **liste des commandes**
- coder la récupération des données sur la carte Nucléo (et tester avec un moniteur Série)
- coder l'envoi des commandes sur le PC (en Python par exemple)

### Choix du protocole de bas niveau

Nous utiliserons dans le cas de notre application la **liaison Série** (ou RS232) qui nous a déjà servi à afficher des données depuis la carte Nucléo.

### Structure des commandes

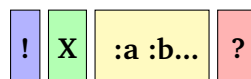
Chaque commande doit avoir un **format bien défini** pour que le microcontrôleuse puisse la comprendre et la traiter.



La liaison Série étant asynchrone, il est indispensable de prévoir dans le protocole des **caractères de début et de fin** de chaînes de commande et de réponse.

## Commande

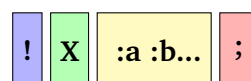
Par exemple, on pourra se baser sur la structure suivante pour le cas d'une commande (entre le PC et le microcontrôleur) :



*Les arguments sont facultatifs, selon les commandes.*

## Réponse

Par exemple, on pourra se baser sur la structure suivante pour le cas d'une réponse (entre le PC et le microcontrôleur) :



*Les arguments sont facultatifs, selon les commandes.*

## Liste des commandes

Commande PC	Description	Réponse Nucléo
!T ?	Test de la transmission	!T ;
!A :VALUE ?	Transmission de l'angle de départ souhaité pour le diagramme valeur entière en degré <i>Si angle non compris entre -90 et 90</i>	!A :VALUE ;  VALUE= -100
!B :VALUE ?	Transmission de l'angle final souhaité pour le diagramme valeur entière en degré <i>Si angle non compris entre -90 et 90</i>	!B :VALUE ;  VALUE= -100
!C :VALUE ?	Transmission du pas angulaire souhaité pour le diagramme valeur entière en degré <i>Si angle non compris entre -90 et 90</i>	!C :VALUE ;  VALUE= -100
!S ?	Lancement de l'acquisition nb est le nombre d'échantillons qui seront acquis par la carte <i>Si les angles fournis sont non compatibles</i>	!S :NB ;  NB= 0
!E ?	Test de fin de l'acquisition (Y)es or (N)o	!E :Y/N ;
!D :INDEX ?	Demande de récupération d'une donnée index correspond au numéro de l'échantillon souhaité value correspond à la valeur de l'échantillon souhaité	!D :INDEX :VALUE ;

## **Etape 10 / Mettre en place un protocole de communication basé sur une liste de commandes**

Code de base avec les commandes A et D

## **Etape 11 / Utiliser la bibliothèque pySerial en Python pour envoyer les commandes à la carte Arduino**

Code de base pySerial pour envoyer les commandes A et D et récupérer des données.

## **Etape 12 / Tester la communication entre la carte Arduino et le script Python pour afficher les données**

A faire : mettre en place la structure de base.

## **INTERFAÇAGE NUMÉRIQUE**

### **Travaux Pratiques**

Semestre 6

---

## **Ressources**

---

### Bloc Rayonnement

#### **Liste des ressources**

- [Schéma de la carte de la maquette de rayonnement](#)
- [PCB de la carte de la maquette de rayonnement](#)



