

# INTERFAÇAGE NUMÉRIQUE

Travaux Pratiques

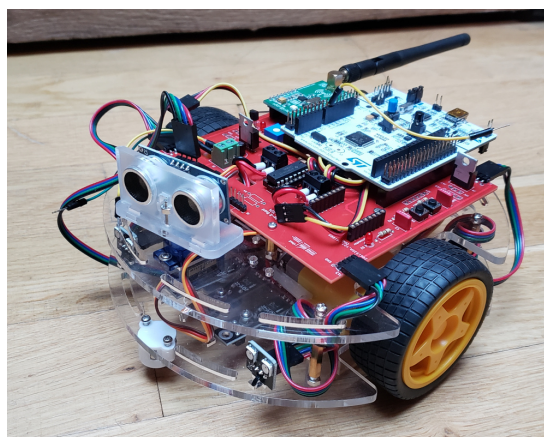
Semestre 6

---

## Robotique et systèmes embarqués

---

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 / Robotique.*



---

## Robotique et systèmes embarqués

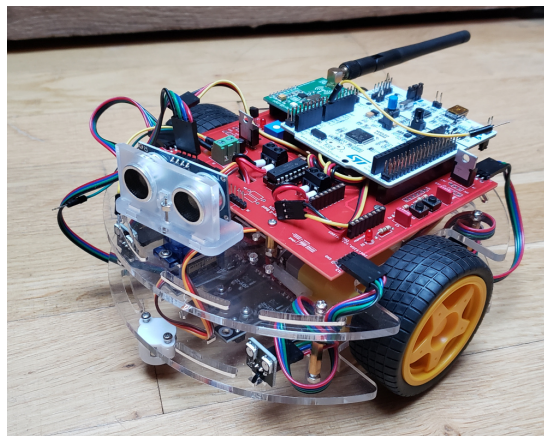
---

À l'issue des séances de TP concernant le **bloc de robotique**, les étudiant-es seront capables de :

- Développer et mettre en œuvre une **solution d'électronique embarquée** pour **mettre en mouvement un robot**
  - Concevoir un **programme embarqué** permettant de **rendre autonome les mouvements d'un robot**
- 

## Objectifs du mini-projet

L'objectif principal de ce mini-projet est de **développer le code embarqué d'une plateforme robotique** lui permettant de se déplacer de manière autonome le long d'une ligne sans percuter d'obstacle.



Vous aurez à votre disposition une **maquette** basée sur un robot Joy-It Car. 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 déplacements élémentaires

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

**Etape 7 - 90 min** Piloter les moteurs à courant continu

**Etape 8 - 60 min** Acquérir des données des capteurs de ligne

**Etape 9 - 60 min** Piloter les phares du robot à l'aide de la bibliothèque WS2812 (NeoPixel)

### Séances 3 et 4 - Pilotage de haut niveau

Les deux séances suivantes seront consacrées au pilotage du robot pour lui permettre de suivre une ligne ou/et d'éviter les obstacles qu'il rencontre sur son chemin.

Les étapes possibles sont les suivantes :

**Etape 10 - 120 min** Définir et tester une première structure de code permettant de piloter les deux moteurs du robot en fonction de la détection des lignes

**Etape 11 - 90 min** Acquérir les signaux du capteur ultrason

**Etape 12 - 90 min** Piloter le servomoteur associé au capteur ultrason

**Etape 13 - 180 min** Améliorer le programme de contrôle du robot

Vous pourrez également ajouter d'autres éléments présents sur la carte : encodeur de vitesse sur les roues, capteurs de température (analogique ou numérique en I2C), accéléromètre (I2C).

## Séance 2 / Prise en main de la maquette et déplacements élémentaires

### Objectifs de la séance

Cette seconde séance est consacrée à la **prise en main de la maquette** et au développement des **fonctionnalités permettant les déplacements élémentaires** de la plateforme.

### Description de la maquette

#### Éléments constitutifs

La maquette est basée sur une plateforme robotique **Joy-It Joy-Car** ([joy-it.net/en/products/mb-joy-car](http://joy-it.net/en/products/mb-joy-car)) constituée :

- de **deux moteurs à courant continu** indépendants, contrôlés par un driver de type L293DN - tension maximale 7 V associés à deux encodeurs de position sur les roues motrices ;
- de **trois capteurs de ligne** (en dessous du robot) ;
- d'un **capteur à ultrason** (obstacles) monté sur un servomoteur ;
- de **4 phares**, composés de 2 LEDs RGB de type WS2812 ;
- d'une **carte de contrôle**, composée :
  - de deux bouton-poussoirs ;
  - de deux LEDs standard ;
  - d'un potentiomètre ;
  - de deux capteurs de température (un analogique - MCP9700 - et un numérique - TC74A2) ;
  - d'un accéléromètre MikroE-6DOF IMU 3 Click ;
  - d'un module de communication nRF24L01 ;
  - d'une carte Nucléo L476RG.

*Un schéma de la carte et le brochage des différents éléments sont donnés en annexe de ce document.*

#### Alimentation électrique

La plateforme robotique est utilisable dans deux configurations différentes :

- **non-autonome**, reliée en USB, lors de la phase de programmation de la carte de commande ;
- **autonome**, sur batterie ou alimentation externe.

#### Carte Nucléo

La carte Nucléo ainsi que la carte de commande (incluant les phares et les capteurs du robot) peut être **alimentée à l'aide du câble USB** (permettant également la programmation du microcontrôleur embarqué sur la carte Nucléo).

**Attention !** Dans ce régime de fonctionnement, les moteurs et servomoteur ne sont pas utilisables (car non alimentés).

Le jumper **JP5** de la carte Nucléo doit être positionné du côté **U5V**.

**Attention !** Lors de la programmation de la carte Nucléo, il est préconisé de **ne pas utiliser la partie puissance** !

## Utilisation de la partie puissance (motorisation)

La tension maximale admissible par les moteurs est de 7 V !

L'alimentation de cette partie se fait à l'aide du connecteur **J8**. La broche **VIN** correspond à la tension positive (comprise entre 5 et 7V) et l'autre broche est reliée à la masse du système.

**Attention !** Il est conseillé de tester la motorisation du robot à l'aide d'une alimentation stabilisée - et surtout protégée en courant ! - avant de passer à l'utilisation totalement autonome sur batterie.

Pour utiliser

## Brochage

### Entrées-Sorties standard

Maquette	Broche Nucléo	Type	Description
LED1	PC7	Sortie / PWM	Led active à l'état <b>haut</b>
LED2	PB13	Sortie / PWM	Led active à l'état <b>bas</b>
SW1	PA11	Entrée	Bouton-poussoir, par défaut état bas
SW2	PA12	Entrée	Bouton-poussoir, par défaut état bas
USERBUTTON	PC13	Entrée	Bouton-poussoir, par défaut état haut
POT_OUT	PC3	Entrée analogique	Potentiomètre

### Moteurs

Maquette	Broche Nucléo	Type	Description
MOT_EN	PA9	Sortie	Validation des moteurs
MOT_L_1	PB4	Sortie / PWM	Moteur Gauche direction 1
MOT_L_2	PA8	Sortie / PWM	Moteur Gauche direction 2
MOT_R_1	PA0	Sortie / PWM	Moteur Droit direction 1
MOT_R_2	PA1	Sortie / PWM	Moteur Droit direction 2

### Phares NeoPixel / SW2812

Maquette	Broche Nucléo	Type	Description
DIN_1	PC0	Sortie	Phare avant droit
DIN_2	PA10	Sortie	Phare avant gauche
DIN_3	PC5	Sortie	Phare arrière gauche
DIN_4	PA13	Sortie	Phare arrière droit

## Capteurs

Maquette	Broche Nucléo	Type	Description
TEMP_OUT	PC2	Entrée analogique	Capteur de température MCP9700
LINE_L	PA7	Entrée	Capteur de ligne Gauche
LINE_C	PB6	Entrée	Capteur de ligne Centre
LINE_R	PA5	Entrée	Capteur de ligne Droit
SPEED_L	PC9	Entrée	Vitesse moteur Gauche
SPEED_R	PC8	Entrée	Vitesse moteur Droit
US_TRIG	PB5	Sortie	Capteur ultrason - Trig
US_ECHO	PB3	Entrée	Capteur ultrason - Echo
SERVO	PB7	Sortie / PWM	Servomoteur du capteur Ultrason

## Accéléromètre / MikroE-6DOF IMU 3 Click

Ce module fonctionne à l'aide du protocole I2C.

Maquette	Broche Nucléo	Type	Description
SDA	PB9	Entrée-Sortie	Signal de données bidirectionnel
SCL	PB8	Sortie	Signal d'horloge
RESET	PC4	Sortie	Reset matériel du composant
Interrupt	PB10	Entrée	Interruption sur réception

## Capteur température numérique / TC74A2

Ce module fonctionne à l'aide du protocole I2C.

Maquette	Broche Nucléo	Type	Description
SDA	PB9	Entrée-Sortie	Signal de données bidirectionnel
SCL	PB8	Sortie	Signal d'horloge

## Communication nRF24L01

Ce module fonctionne selon le protocole SPI. *Il doit nécessairement être utilisé avec un second module afin de pouvoir transmettre des données entre deux microcontrôleurs.*

Maquette	Broche Nucléo	Type	Description
SPI			
SCK	PC10	Sortie	Signal d'horloge
MISO	PC11	Entrée	Données entrantes
MOSI	PC12	Sortie	Données sortantes
CS	PA14	Sortie	Sélection du composant
CE	PD2	Sortie	Validation du composant (puissance)
INT	PA15	Entrée	Interruption sur réception

## Utilisation de la sortie modulée PB7

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

## Etape 9 - Acquérir des données de l'accéléromètre (I2C)

*Temps conseillé : 90 min*

Le composant que nous allons étudier est un **accéléromètre et magnétomètre** intégrés sur une même puce de silicium. Sa référence est **FXOS8700CQ**. Ce composant est intégré au module **MikroE DOF6 - IMU Click**.

### Protocole I2C

DESCRIPTION PROTOCOLE et CONNECTIQUES !

ATTENTION ! Les broches utilisées sur la carte Nucléo pour l'I2C ne sont pas celles par défaut. Il est indispensable de préciser les broches SDA et SCL à l'aide des méthodes suivantes :

```
1 Wire.setSDA( PB9 );  
2 Wire.setSCL( PB8 );
```

→ M Ouvrir le code *09\_accelero.ino* fourni. Compiler ce code et téléverser ce code dans la carte Nucléo.

Ce code contient les fonctions *test\_FXOS()* et *read\_i2c\_buffer()*, ainsi que des définitions des registres internes du composant.

→ M

### Configuration

### Récupération des données

*These registers contain the X-axis, Y-axis, and Z-axis 14-bit left-justified sample data expressed as 2's complement numbers. [NXP Doc p.52 of 113]*

### Traceur Série

```
1 Serial.print(valeur1);  
2 Serial.print(",");  
3 Serial.print(valeur2);  
4 Serial.print(",");  
5 Serial.print(valeur3);  
6 Serial.print(",");  
7 Serial.print(valeur4);  
8 Serial.println();
```



---

## **Robot Joy-It Car / Présentation du matériel**

---

La tension maximale admissible par les moteurs est de 7 V !

---

## INTERFAÇAGE NUMÉRIQUE

### Travaux Pratiques

Semestre 6

---

## Ressources

---

Bloc Robot

### Liste des ressources

- [Schéma de la carte du robot Joy-It Car](#)
- [PCB de la carte du robot Joy-It Car](#)



