

PJT  
Plateforme Rover Robotique  
RobArts

Luc Beltran  
Mathieu Bouvet  
Benoit Boyau  
Thomas Merlet

8 JANVIER 2018

---

ARTS  
ET MÉTIERS

---

CONCEVOIR  
DEMAIN



# Introduction

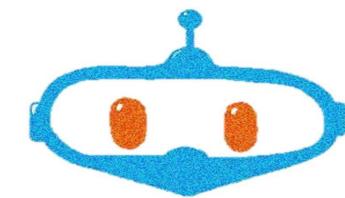
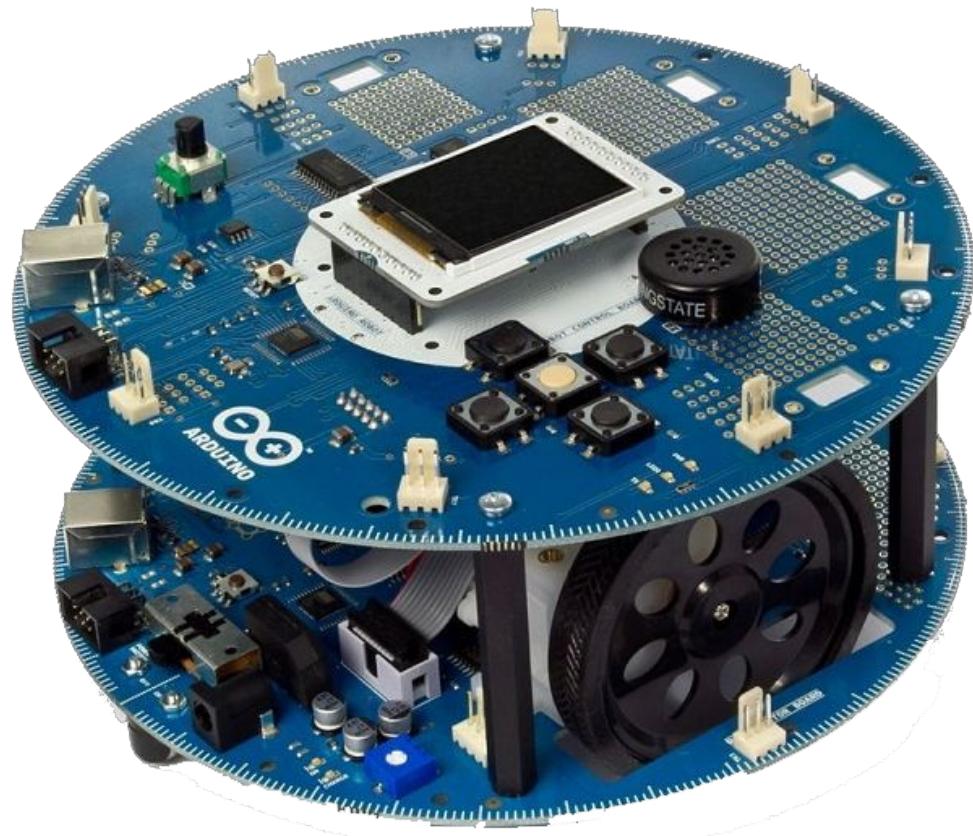
# PJT

## Plateforme Rover Robotique

8 janvier 2018

### Introduction

### Présentation du projet



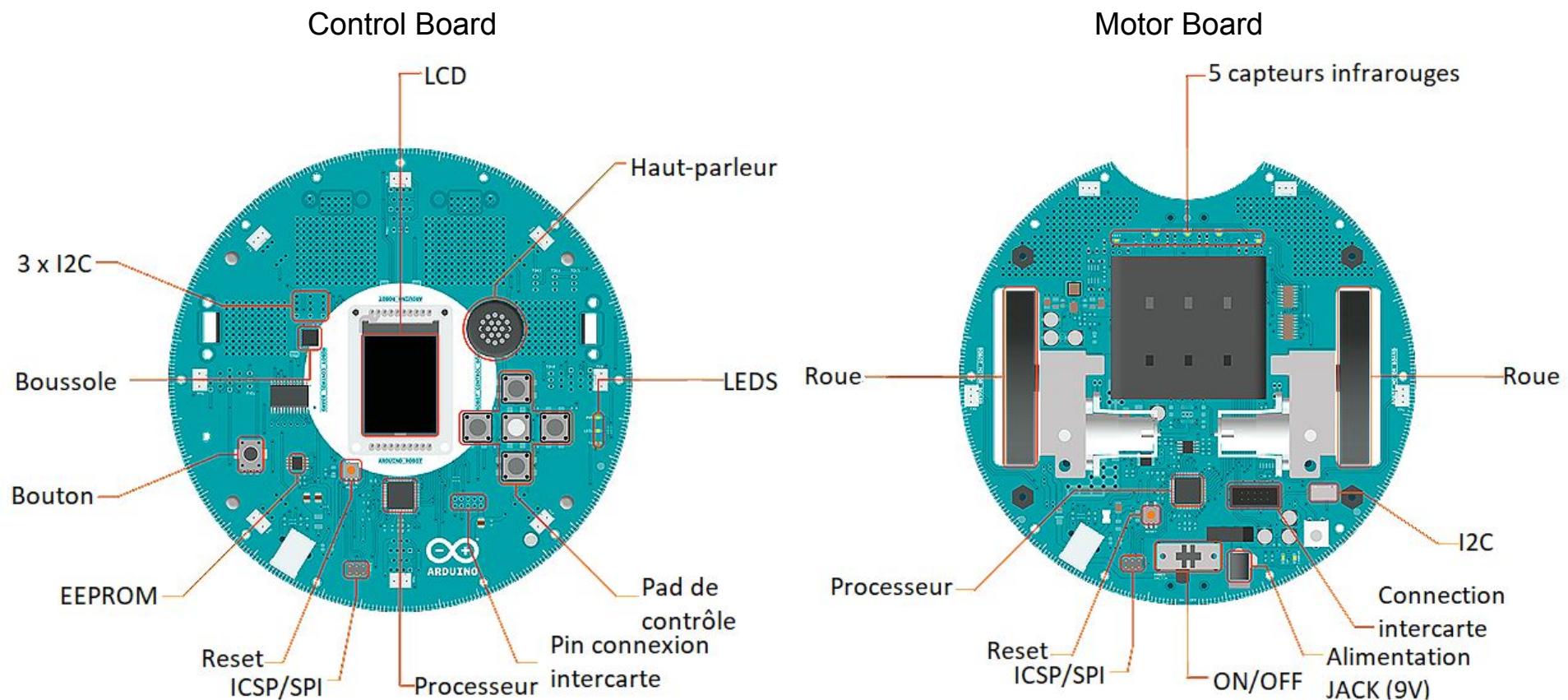
# PJT

## Plateforme Rover Robotique

8 janvier 2018

## Introduction

## Présentation du robot



# SOMMAIRE

- I. *Gestion de projet*
- II. *Aire de jeu*
- III. *Les capteurs*
- IV. *Liaison sans-fil*
- V. *Problématique de localisation*

# I. Gestion de projet

# Objectifs du projet

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation

Fonctions demandées	Performance attendu et contrôlé
Définir une localisation	Précision de 1cm sur 10m parcouru
Programmer et accès à distance (liaison sans fil)	Portée de 10 m
Traiter localement puis à distance l'information	Stockage local et transmission sans fil sur une portée de 10m
Trajectographie et correction de trajectoire	Précision de 1cm sur 10m parcouru
Recueillir des informations sur l'environnement	Consultation d'une banque de données horodatée sur une profondeur d'acquisition de 24h

# Cahier des charges

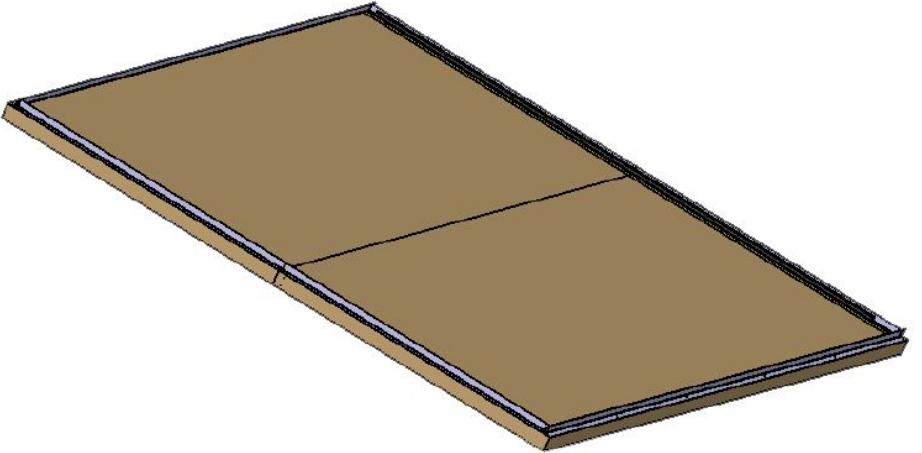
- I. **Gestion de projet**
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation

Fonctions	Critère	Niveau	Solution technologique proposée
Résister à l'aire de jeu	Choc avec les barrières	Respecter l'aire de jeu	Capteur à ultrasons
Respecter l'aire de jeu	Ne doit pas endommager les barrières, capteurs, balises		Capteur à ultrasons
Résister à l'air	Température	0-40°C	
	Humidité	0-87%	
	Vent	Sans objet	
	Pression	Atmosphérique	
	Poussière	Sans objet	
Respecter l'air	Ne pas polluer	Aucune émission	Moteurs électriques

## II. Aire de jeu

## Besoins

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu**
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation



Spécifications	Performance attendu et contrôlé	Solution choisie	Solution technologique
Dimensions	Taille minimum : 2m * 80cm		
Planéité		Planche solide	Portes
Transportabilité	L'aire de jeu doit pouvoir être rangée dans une voiture	Diviser l'aire de jeu en deux parties	2 portes 5 lamellos 2 grenouillères
Résistant au transport	L'aire de jeu ne doit pas être endommagée lors du transport		
Modulable	L'aire de jeu doit permettre la mise en place et le déplacement de capteurs et de balises	Rail	Rail en métal sur le bord de l'aire de jeu
Rugosité	Le robot doit pouvoir rouler sur la surface		
Sécurité du robot	Le robot ne doit pas tomber de l'aire de jeu	Structure autour de l'aire de jeu	

# Fabrication

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu**
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation



# PJT

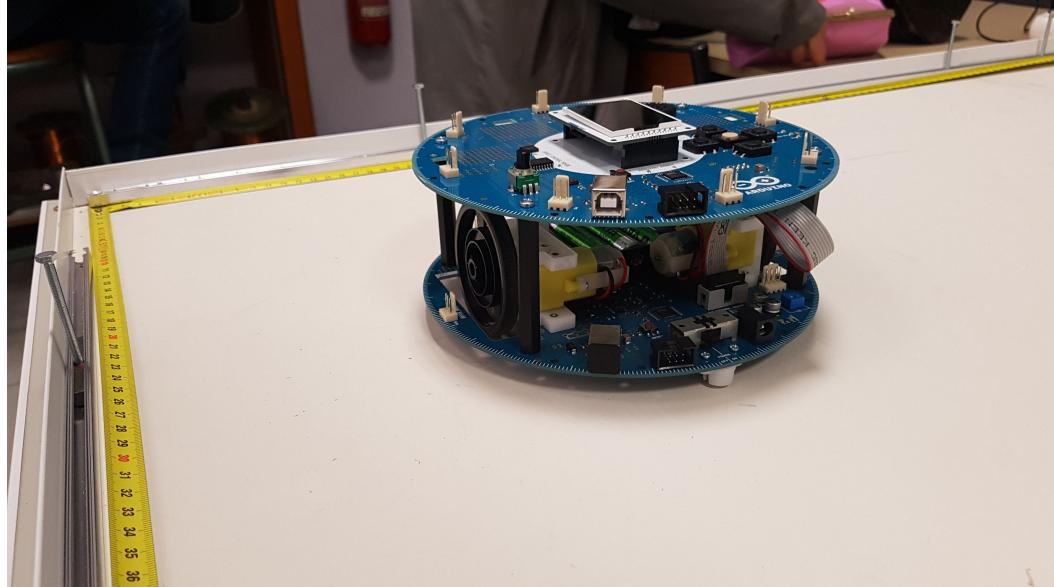
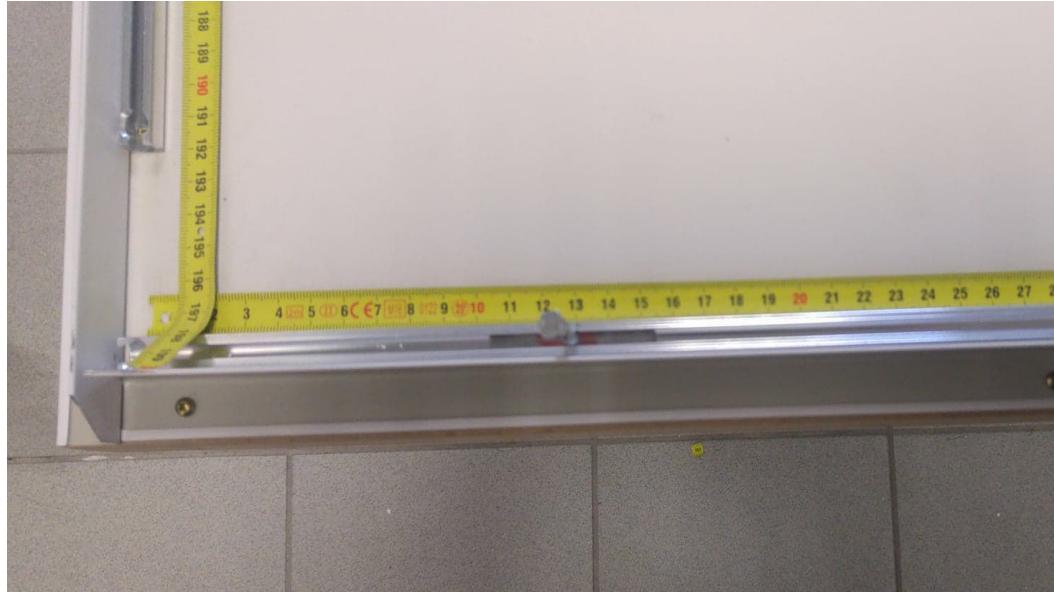
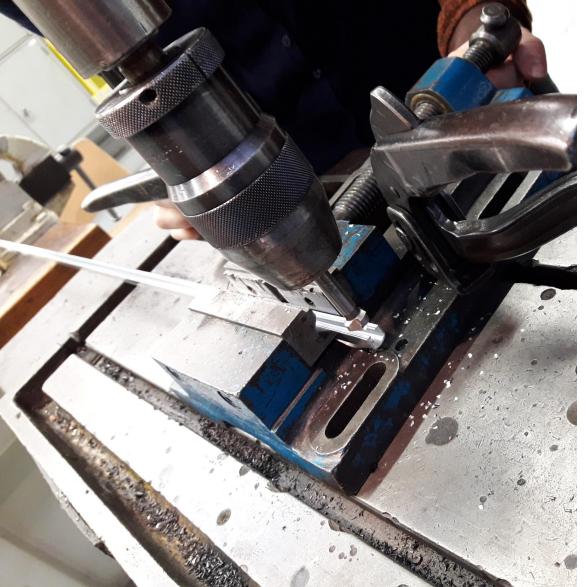
## Plateforme Rover Robotique

8 Janvier 2018

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu**
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation

## Fabrication

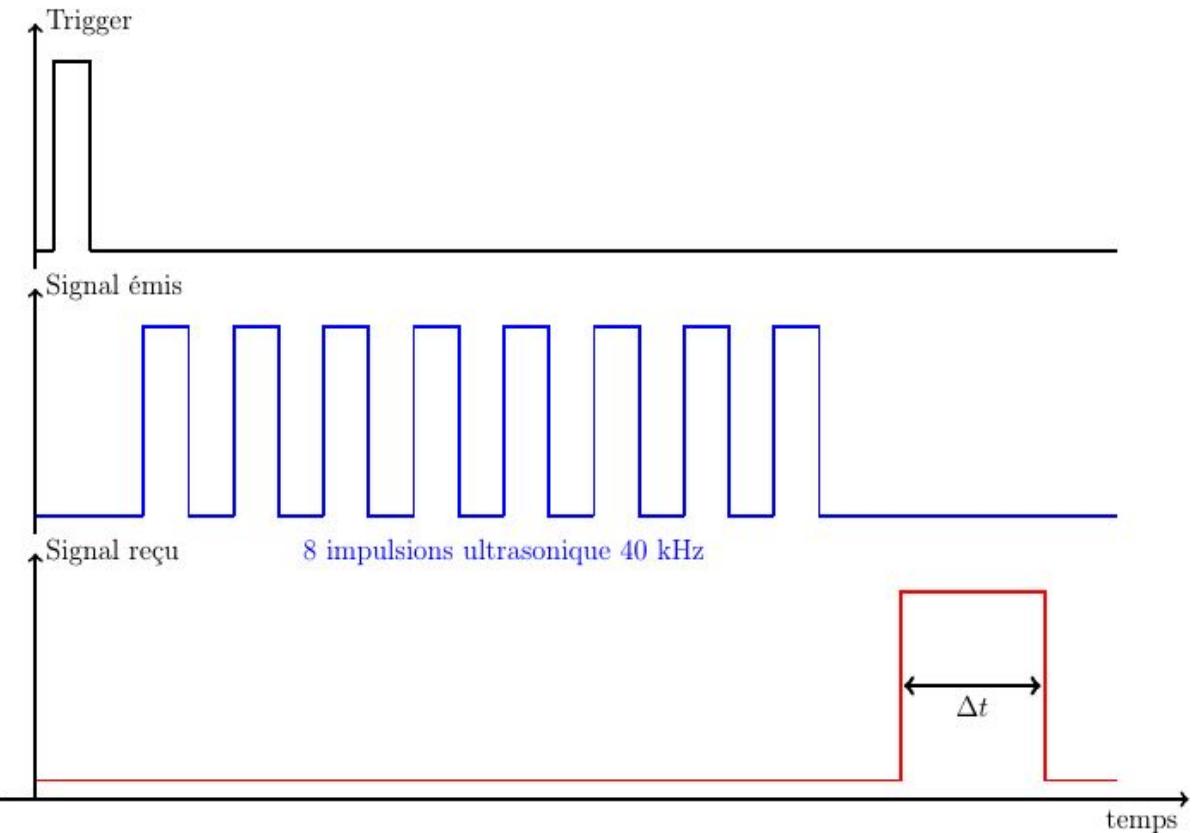
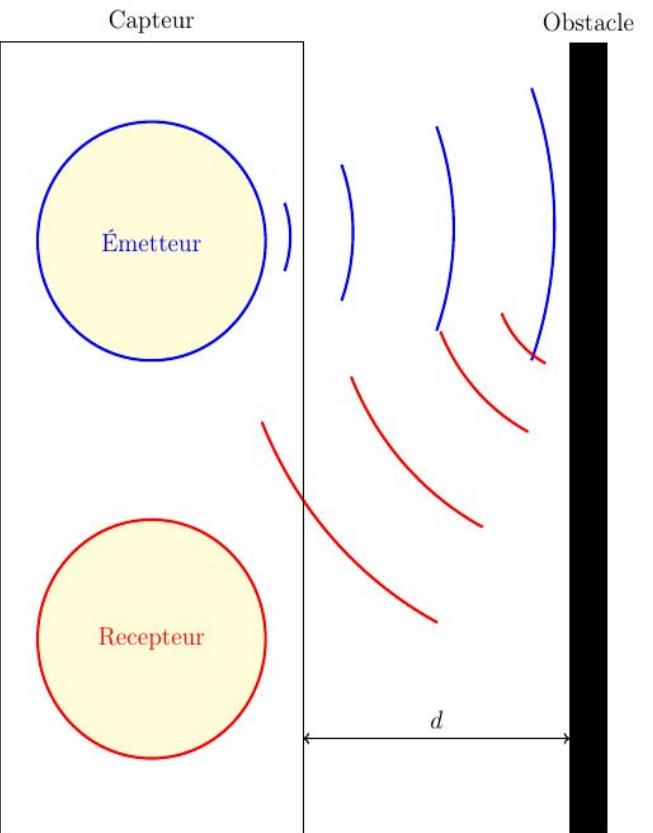
- Rail amovible
- Règle graduée
- Balises mobiles



### III. Les capteurs

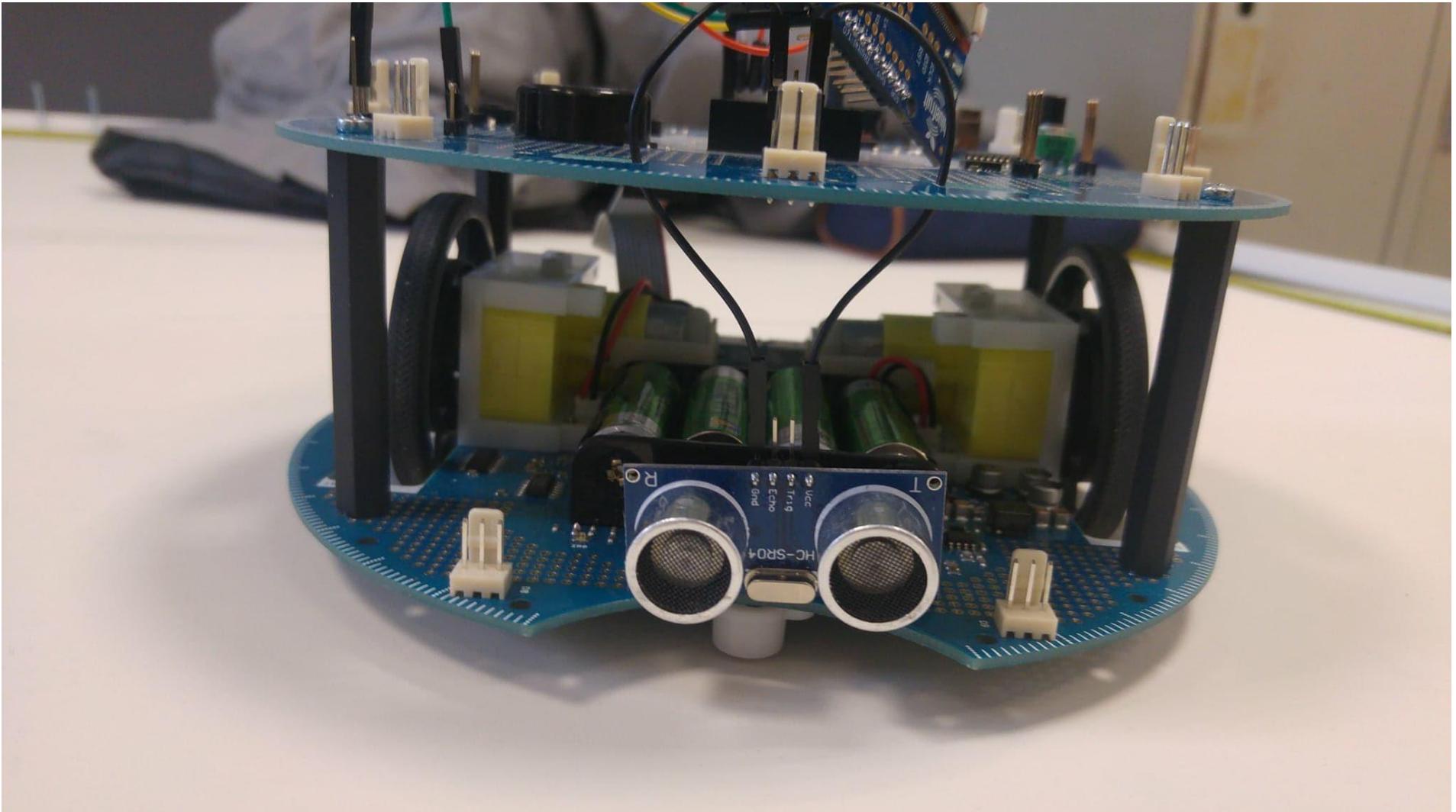
# Capteur ultrason

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs**
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation



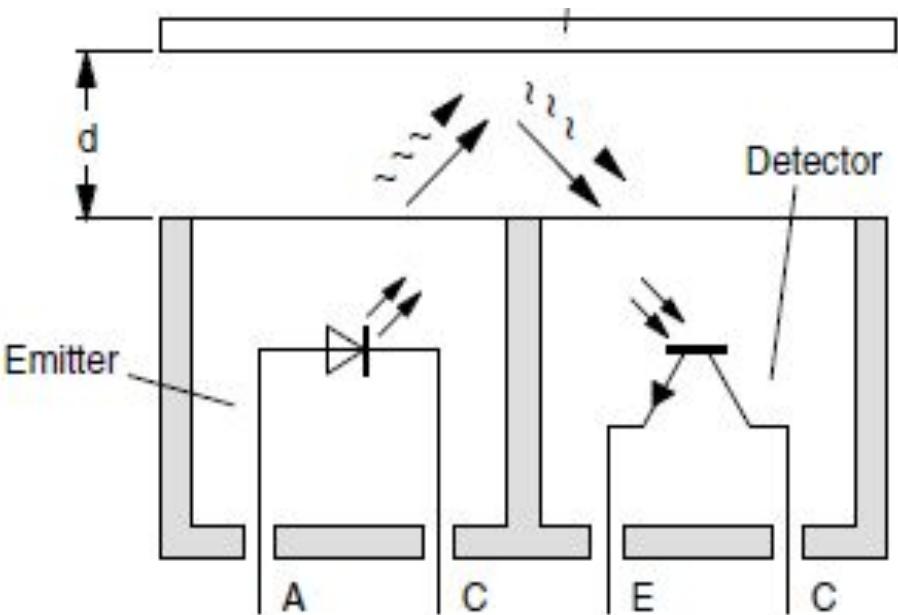
$$d = v \cdot \frac{\Delta t}{2}$$

## Capteur ultrason



# Capteur infrarouge

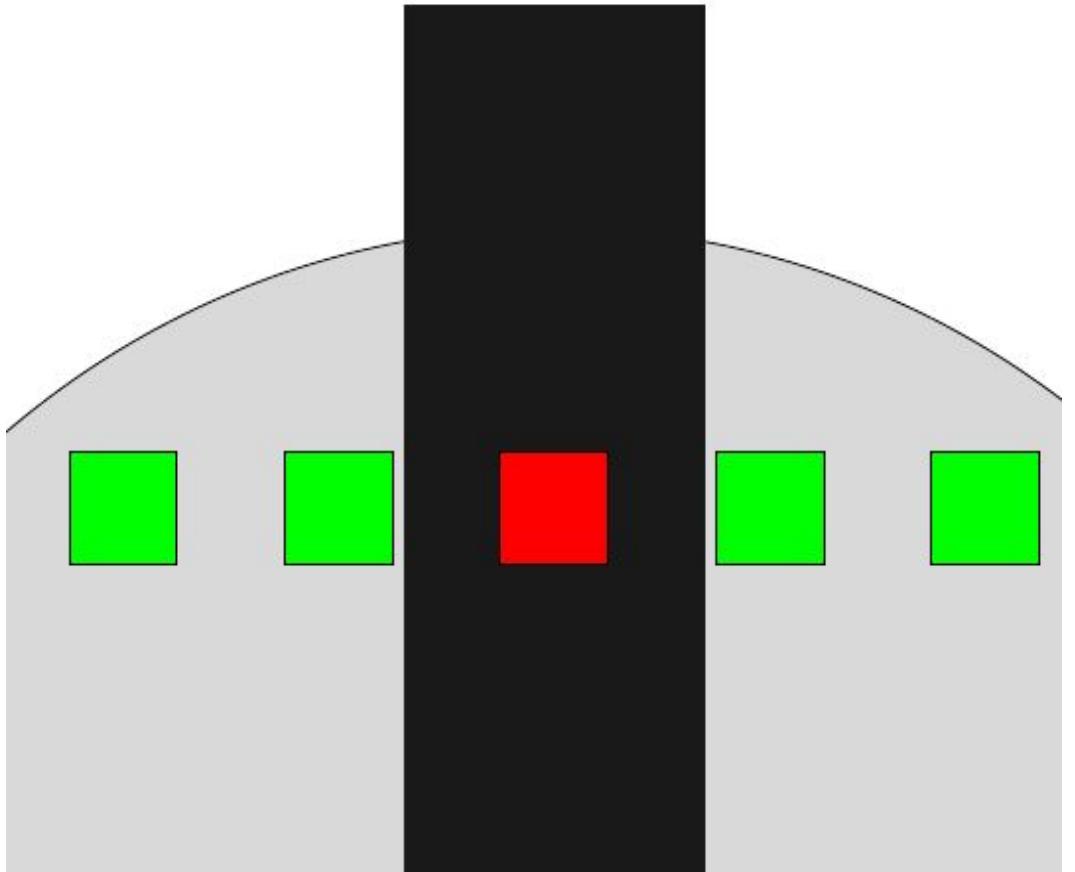
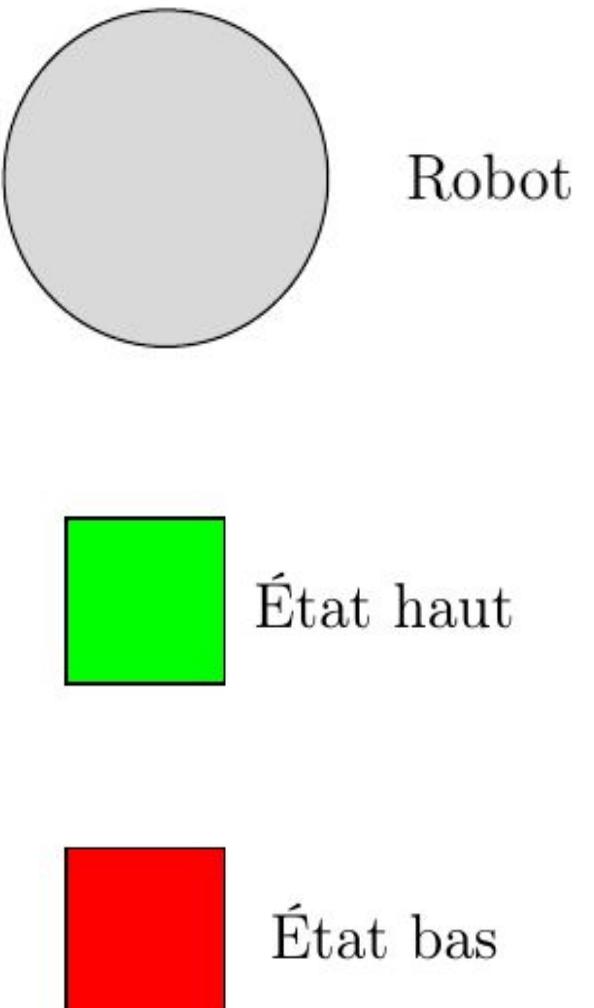
- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs**
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation



Surface noire / non réfléchissante  
⇒ Pas de réflexion de la lumière  
⇒ Pas de lumière détectée

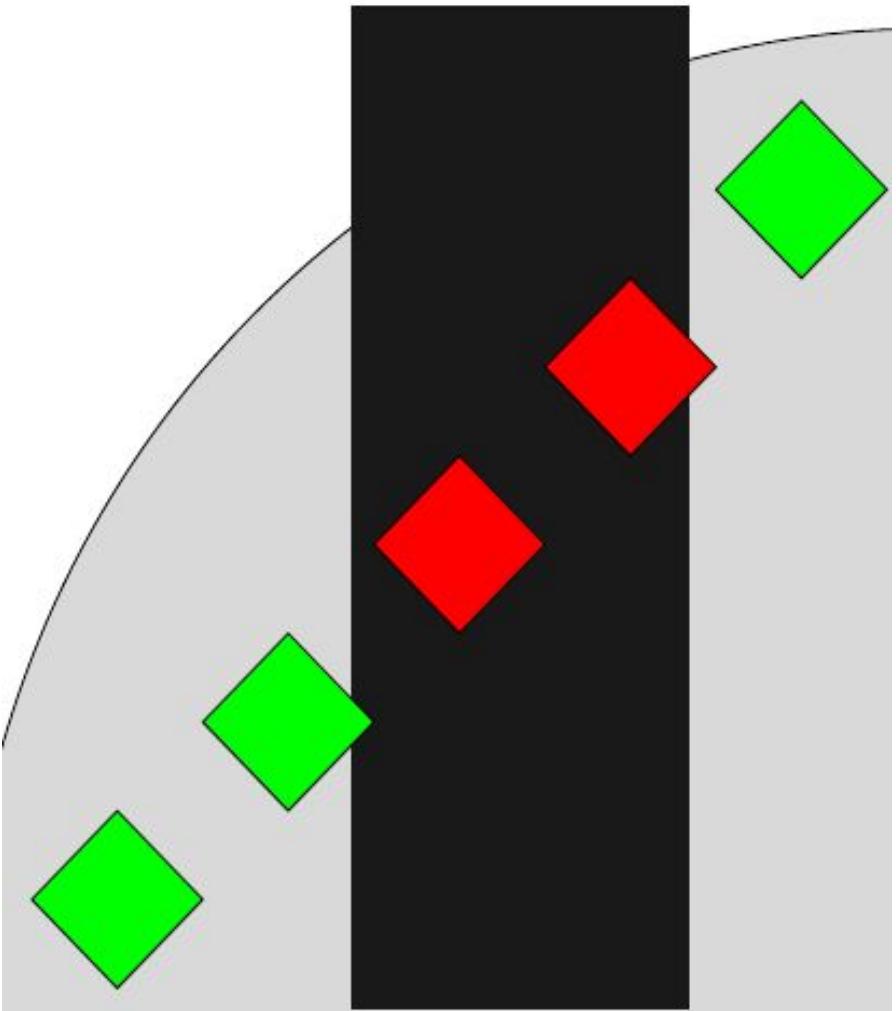
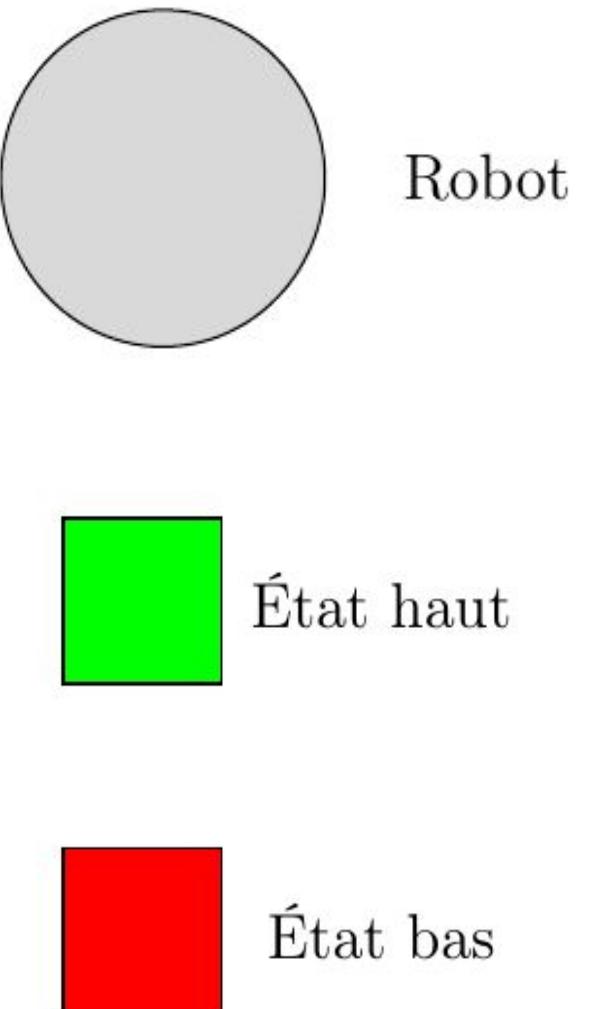
- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs**
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation

## Capteur infrarouge



# Capteur infrarouge

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs**
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation



## IV. Liaison sans fil

# Choix de la technologie

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil**
- V. Problématique de localisation



	Bluetooth Low Energy (BLE)	Wi-Fi (norme IEEE 802.11)
Portée	≈10m	≈30m en intérieur ≈100m en extérieur
Fréquence d'émission (porteuse)	2,4 GHz	2,4 - 3,6 - 5 GHz
Débits de données	10 Mbit/s mesuré (24 Mbit/s théorique)	30 Mbit/s (54 Mbit/s théorique)

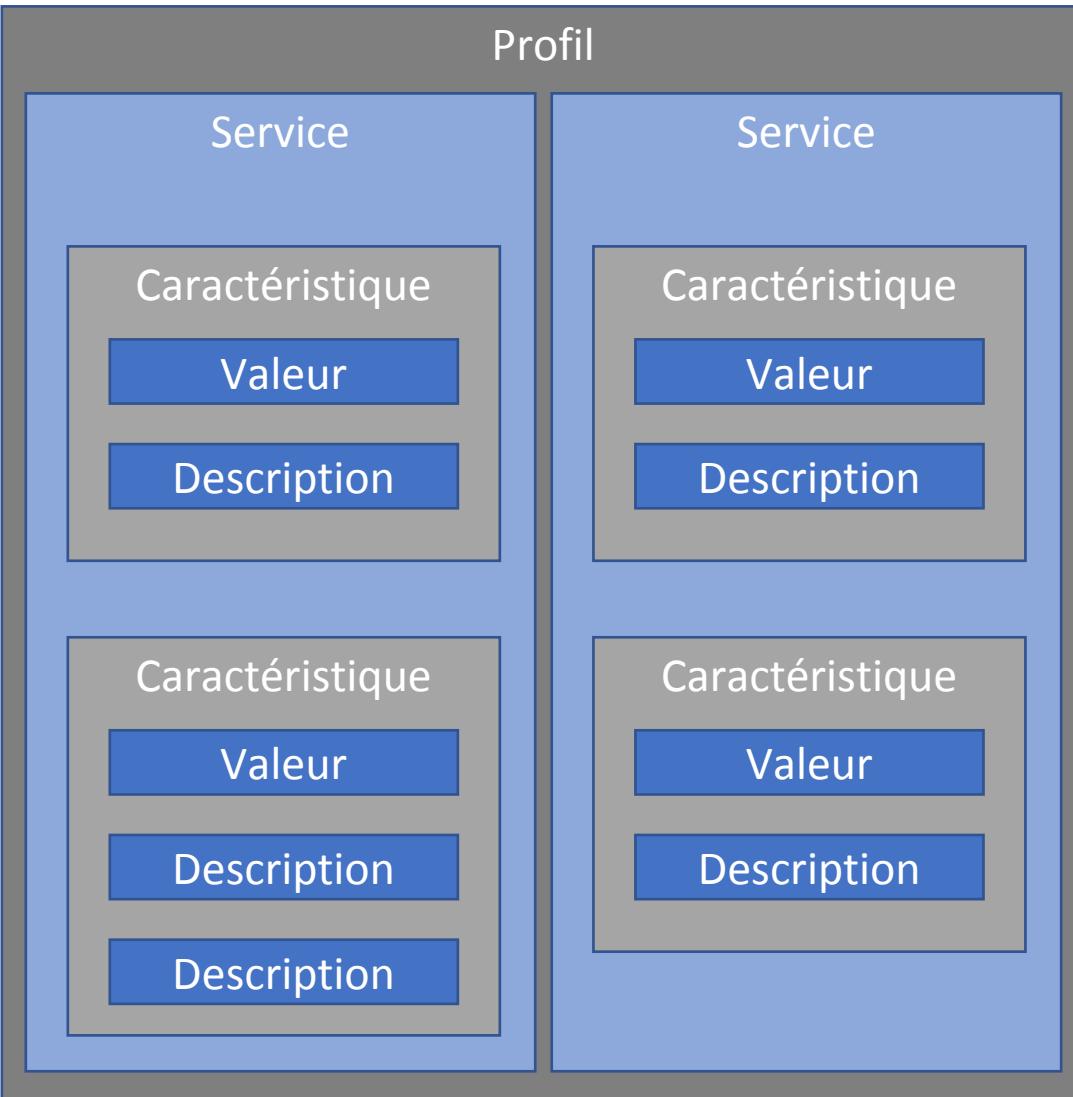
*Bluetooth Low Energy (BLE) ou Bluetooth à basse consommation*



# Protocole Bluetooth

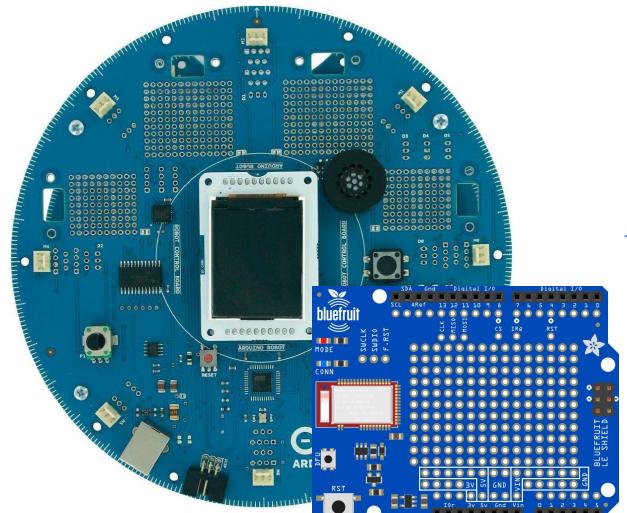
- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil**
- V. Problématique de localisation

## *Profils Generic Attribute ou GATT*

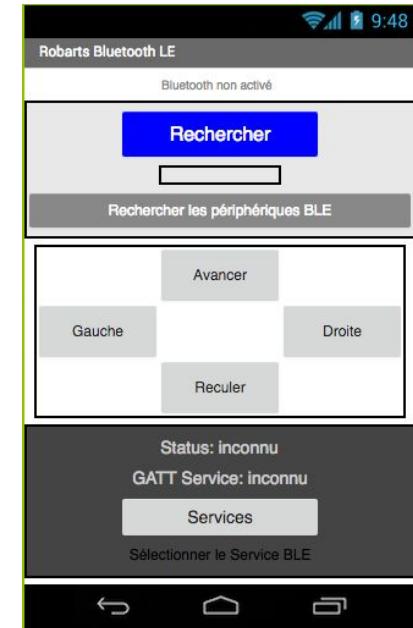


# Connexion

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil**
- V. Problématique de localisation



Esclave



Maître

# La technologie Bluetooth

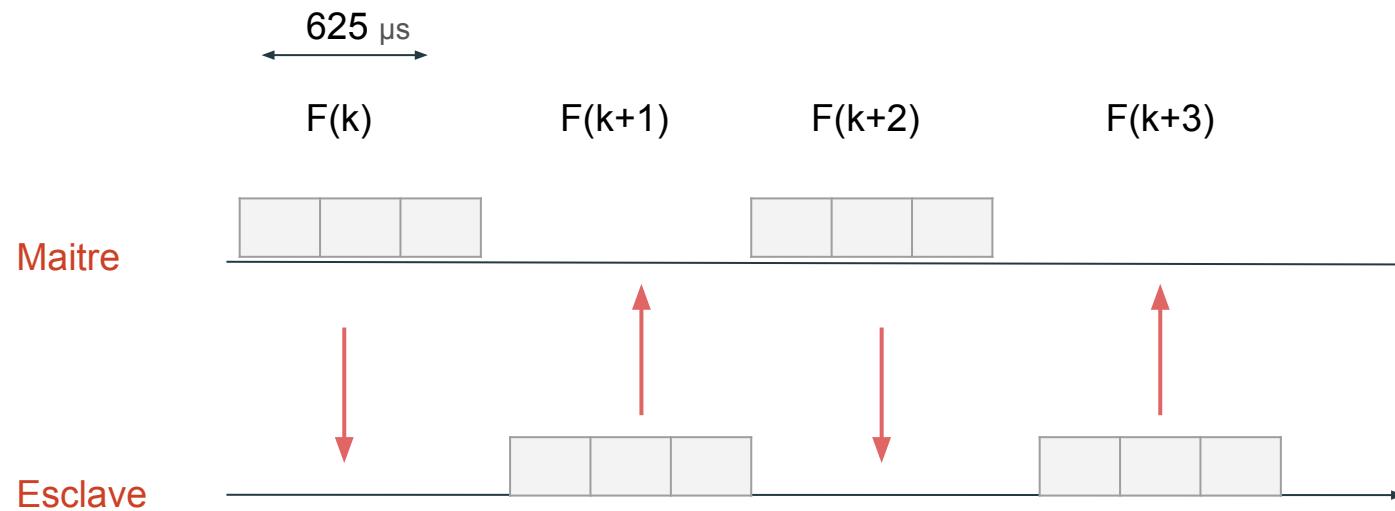
- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil**
- V. Problématique de localisation

Transmission par paquet :



L'Universal Unique Identifier (UUID)  
Identifier de manière unique le périphérique

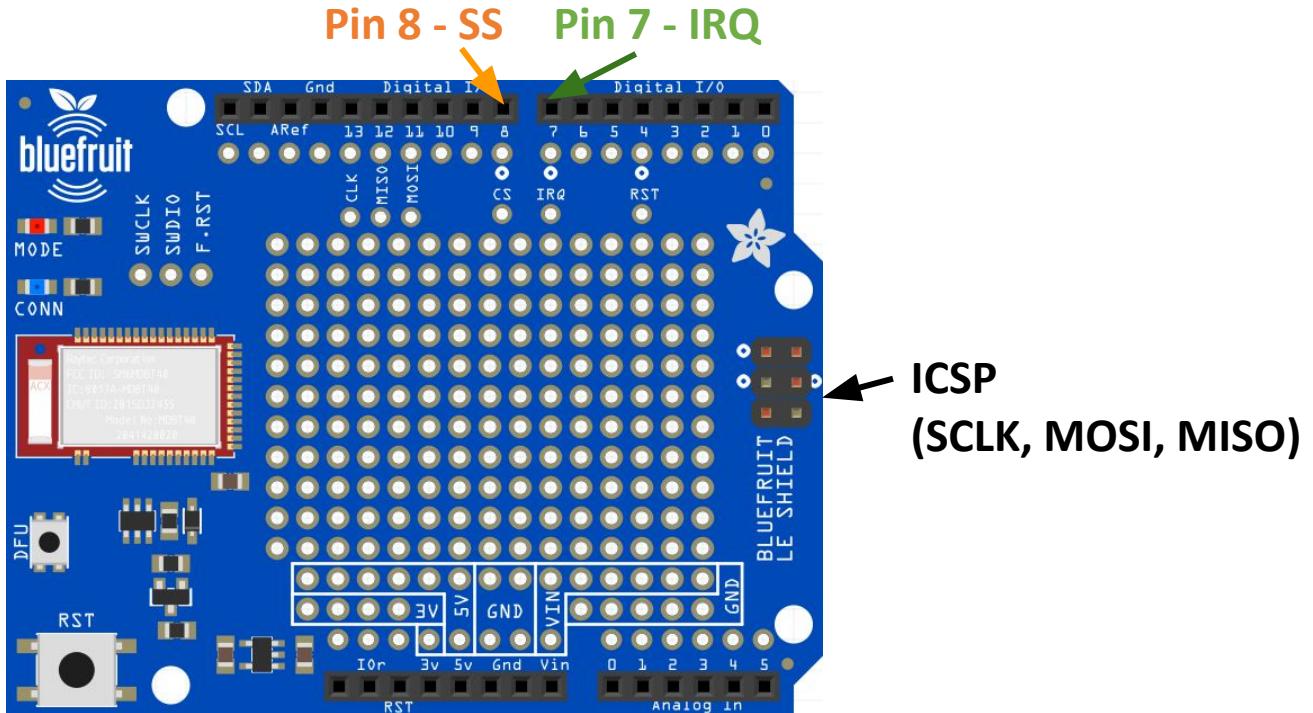
Communication single - slot :



F1:18:F8:A2:5A:61 Adafruit Bluefruit LE

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil**
- V. Problématique de localisation

# Carte Bluetooth : Adafruit Bluefruit LE Shield



## Protocole de connexion SPI (Serial Peripheral Interface)

- **SCLK** — Serial Clock, Horloge (généré par le maître)
- **MOSI** — Master Output, Slave Input (généré par le maître)
- **MISO** — Master Input, Slave Output (généré par l'esclave)
- **SS** — Slave Select, indique quel carte est utilisé sur le bus SPI
- **IRQ** — Pin d'interruption qui indique quand une donnée est reçue par la carte Bluetooth

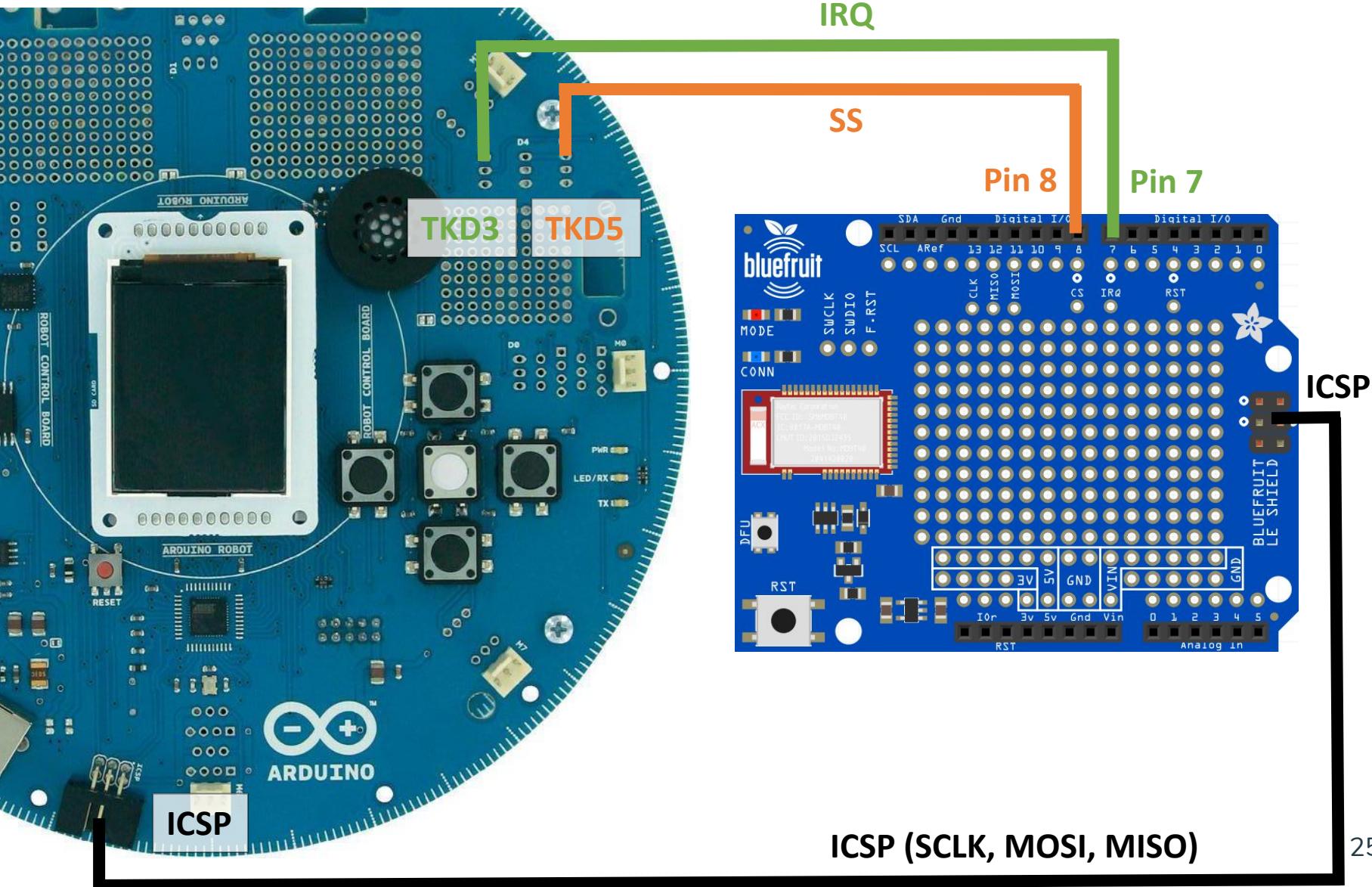
# PJT

## Plateforme Rover Robotique

8 Janvier 2018

Connexion : Schéma électrique pour établir le plan de connexion de l'interface SPI entre les deux

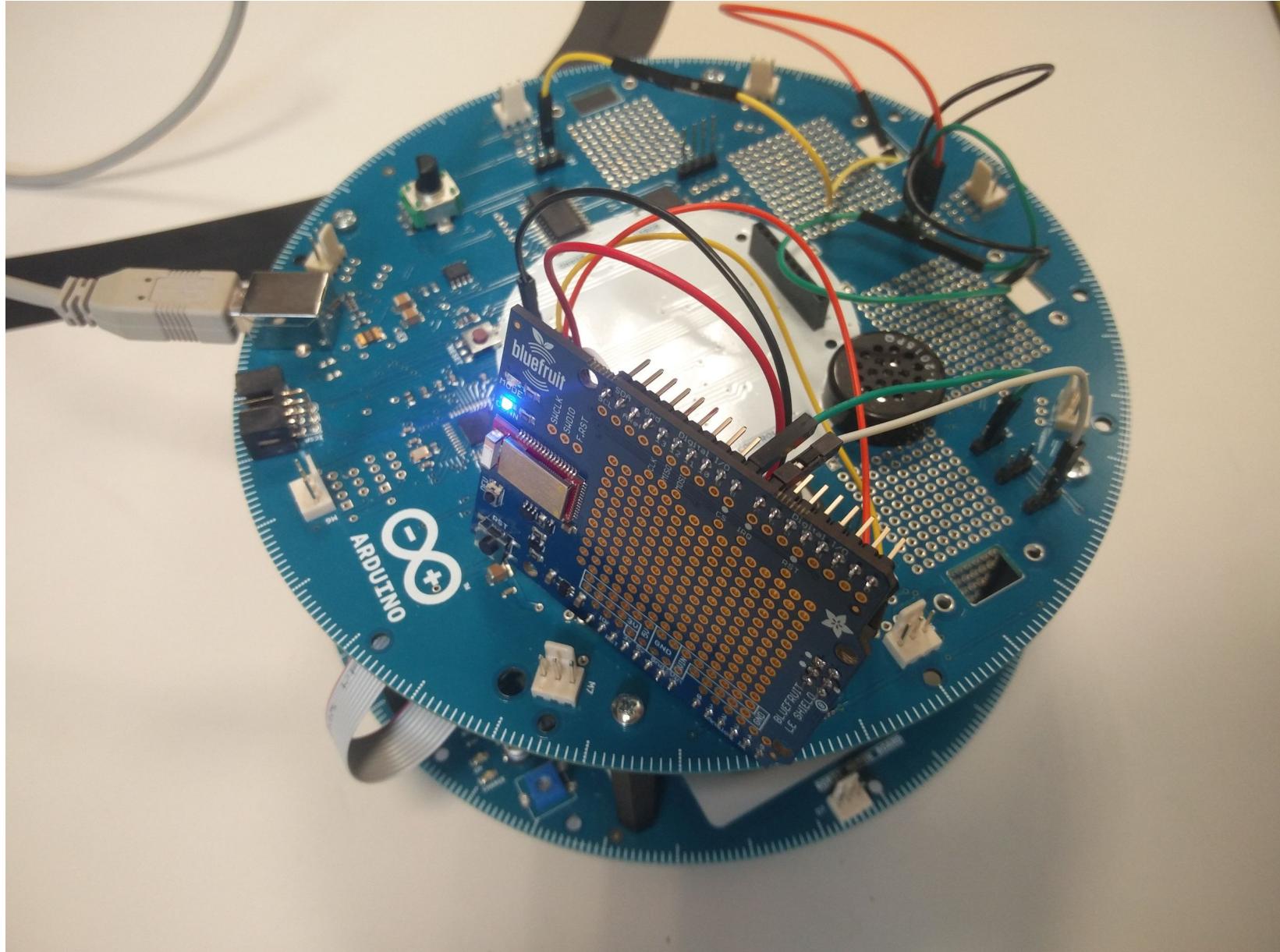
- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil**
- V. Problématique de localisation



**ICSP (SCLK, MOSI, MISO)**

25

## Connexion



PJT  
Plateforme Rover  
Robotique

8 Janvier 2018

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil**
- V. Problématique de localisation

# Développement d'une application mobile



- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil**
- V. Problématique de localisation

when **BluetoothLE1** .DeviceFound      Quand un périphérique Bluetooth a été trouvé

do

- call** **BluetoothLE1** .StopScanning      On arrête la recherche de périphérique
- set** **ListePeripheriquesBLE** . Elements to **list from csv row text** **BluetoothLE1** . DeviceList
- call** **ListePeripheriquesBLE** .Open      Affichage de la liste des périphériques trouvés

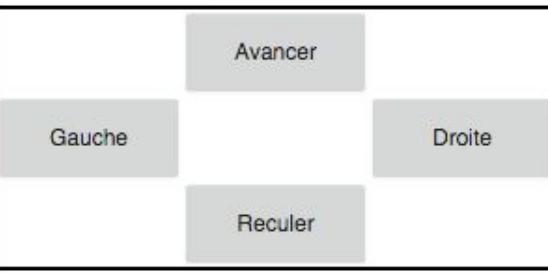
when **ListePeripheriquesBLE** .AfterPicking      Après avoir sélectionné le périphérique

do

- set** **global BLEdeviceName** to **call** **BluetoothLE1** .FoundDeviceName **index** **ListePeripheriquesBLE** . SelectionIndex      Enregistrement du nom du périphérique
- call** **BluetoothLE1** .Connect **index** **ListePeripheriquesBLE** . SelectionIndex      Connexion à la carte Bluetooth

# Envoi des données par bluetooth

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil**
- V. Problématique de localisation



```
when Avancer .TouchDown
do call envoiDirection
    direction "avance"
```

Lorsqu'on appui sur le bouton Avancer  
Appel de la fonction envoiDirection avec le paramètre « avance »

Fonction envoiDirection :

```
[{"label": "when Avancer .TouchDown", "x": 100, "y": 100}, {"label": "do call envoiDirection", "x": 150, "y": 120}, {"label": "direction", "x": 200, "y": 140}, {"label": "do call BluetoothLE1 .WriteString", "x": 100, "y": 200}, {"label": "serviceUuid", "x": 150, "y": 220}, {"label": "call BluetoothLE1 .ServiceByIndex", "x": 200, "y": 240}, {"label": "index", "x": 250, "y": 260}, {"label": "listBLEServices . SelectionIndex", "x": 300, "y": 280}, {"label": "values", "x": 150, "y": 320}, {"label": "get direction", "x": 200, "y": 340}].
```

## Programmation de la carte du robot

```
void loop(void)
{
    String BLEbuffer = ble.buffer; //Création d'une variable BLEBuffer contenant la chaîne de caractère reçu

    //Si la commande reçue est « avancer »
    if (BLEbuffer.indexOf("avancer") >= 0) {
        //Robot.motorsWrite(vitesseGauche,vitesseDroit) contrôle la vitesse des moteurs gauche et droit du robot.

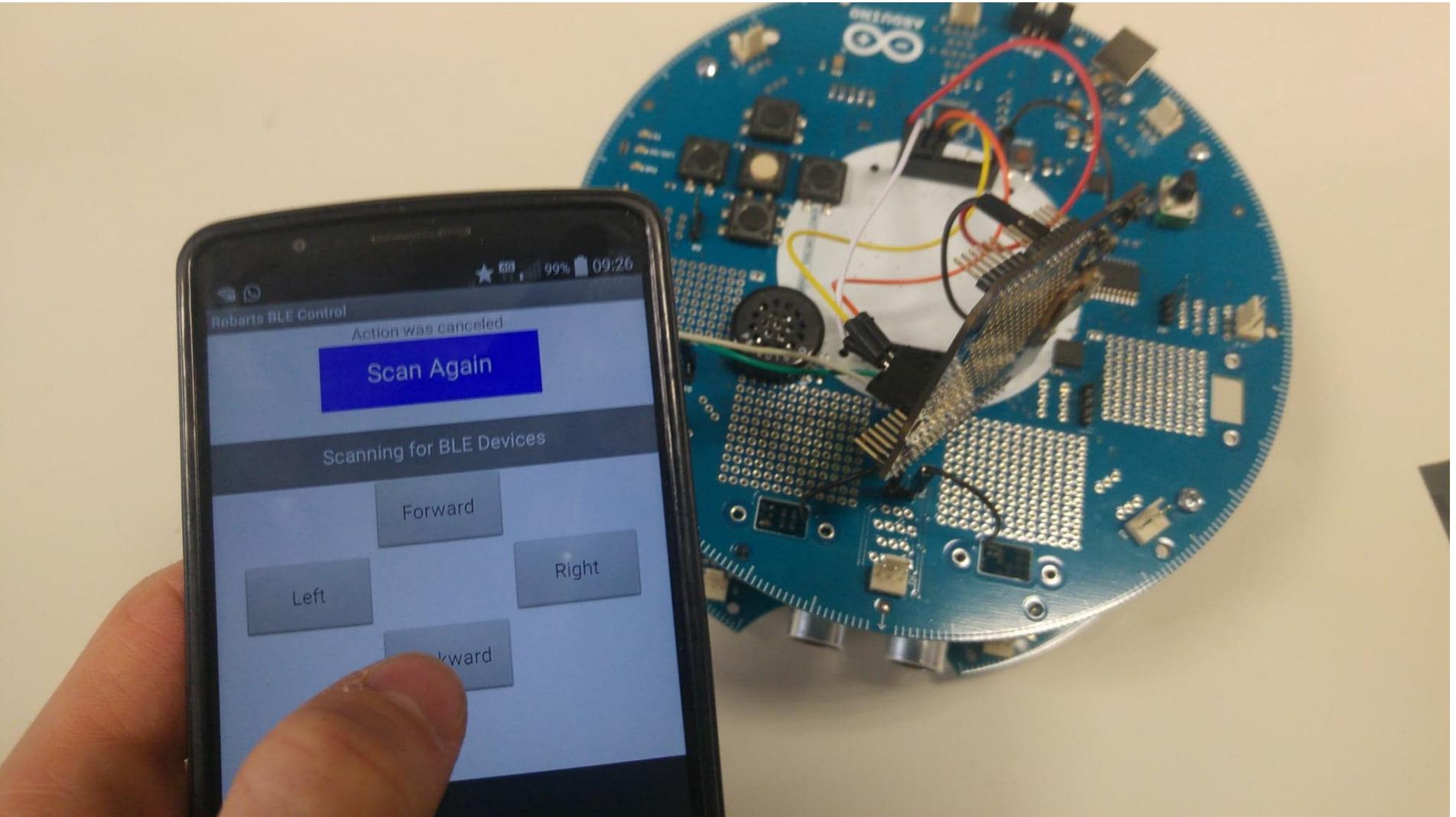
        Robot.motorsWrite(130, 130); //Le robot avance vers l'avant (même vitesse des 2 moteurs)
    }
}
```

Fonction Loop du programme Arduino

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil**
- V. Problématique de localisation

**PJT**  
**Plateforme Rover**  
**Robotique**

8 Janvier 2018



## V. Problématique de localisation

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation

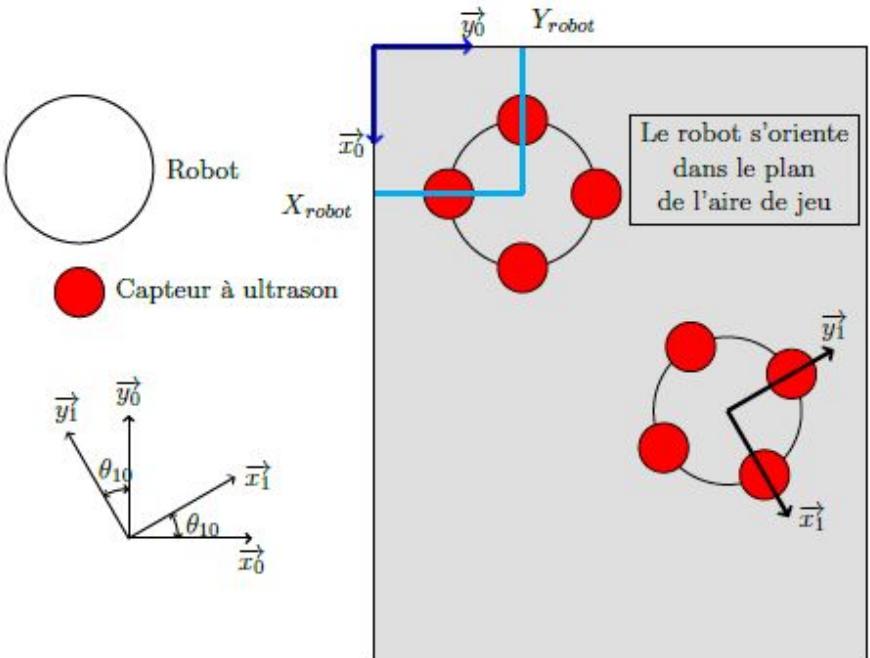
# Localisation par ultrasons

## Prises de mesures:

- Définir repère boussole par rapport à la table
- Repère robot → Distances aux bords

## Problématique:

- Précision capteurs



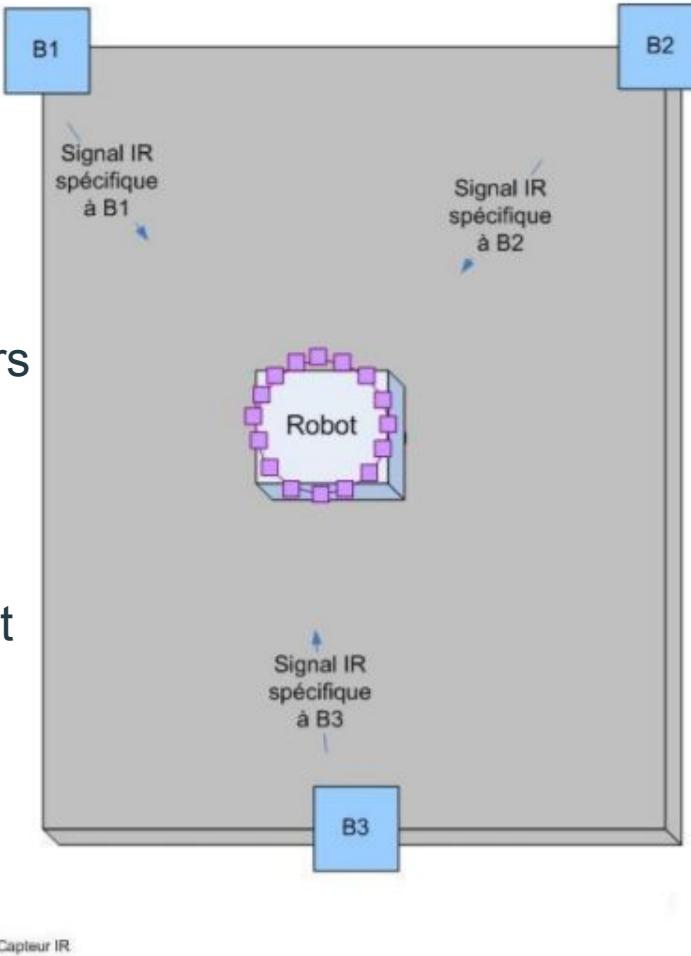
- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation

# Localisation par infrarouge

- Le robot est équipé de capteurs infrarouges
- Les balises sont équipés d'émetteurs

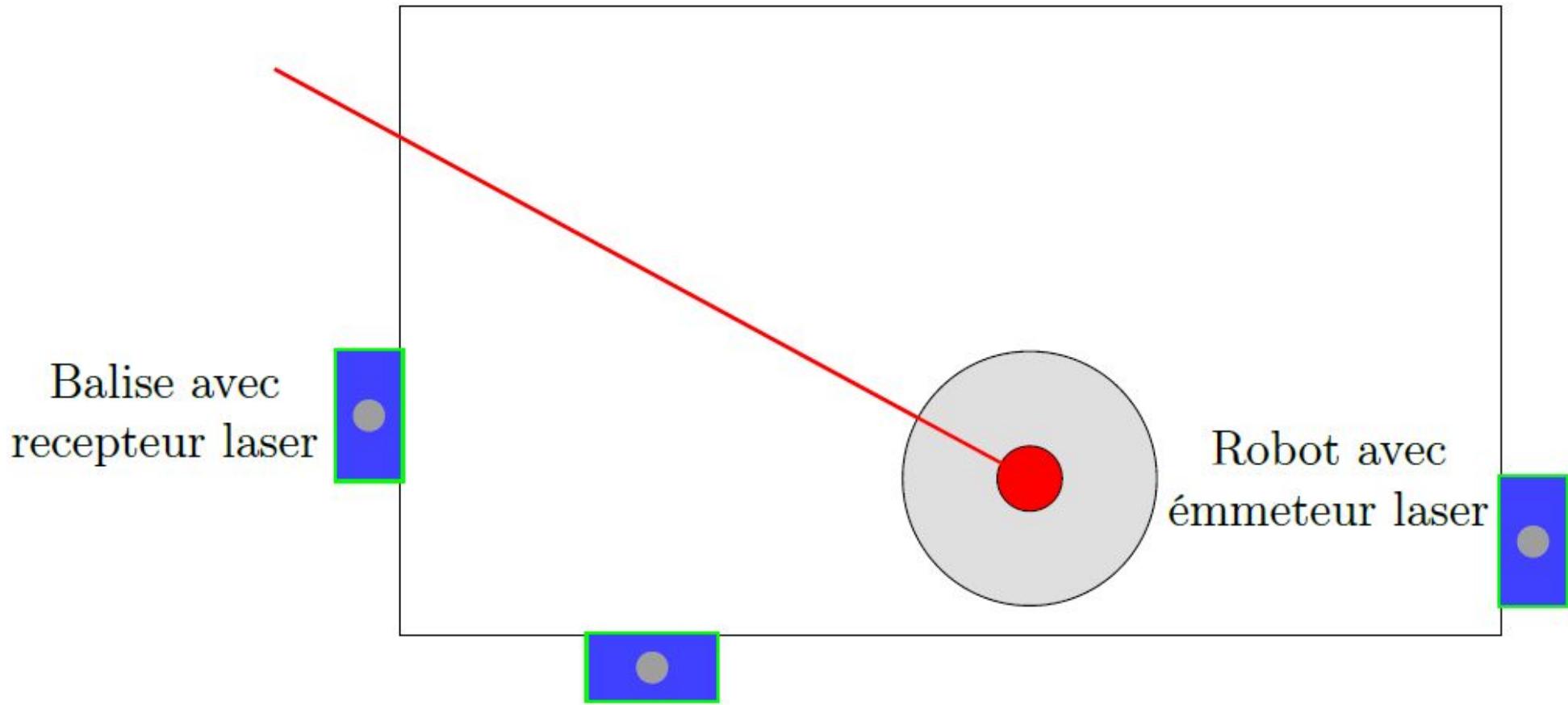
Problématique:

- Nombre de pin utilisable par le robot limité



# Localisation laser

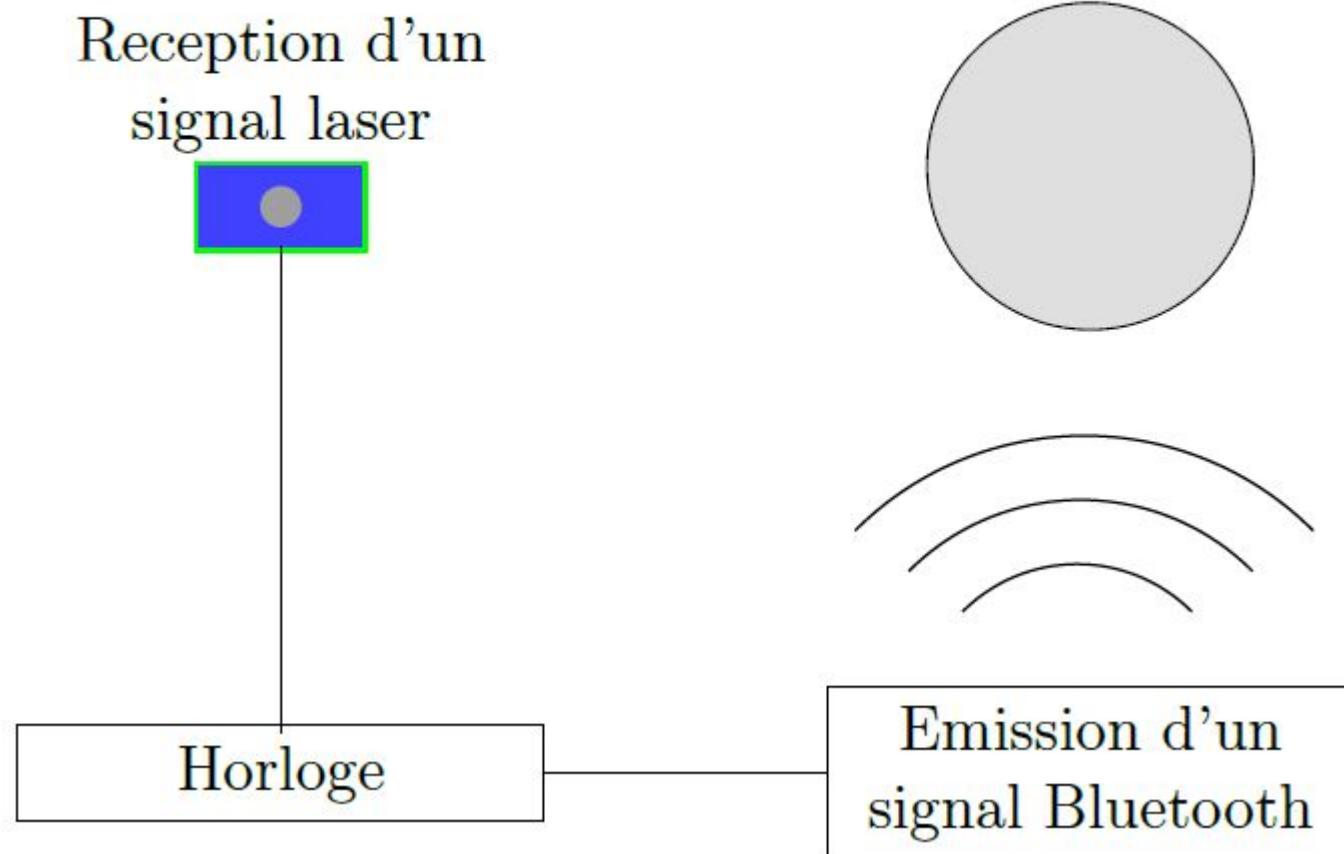
- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation



# Localisation laser

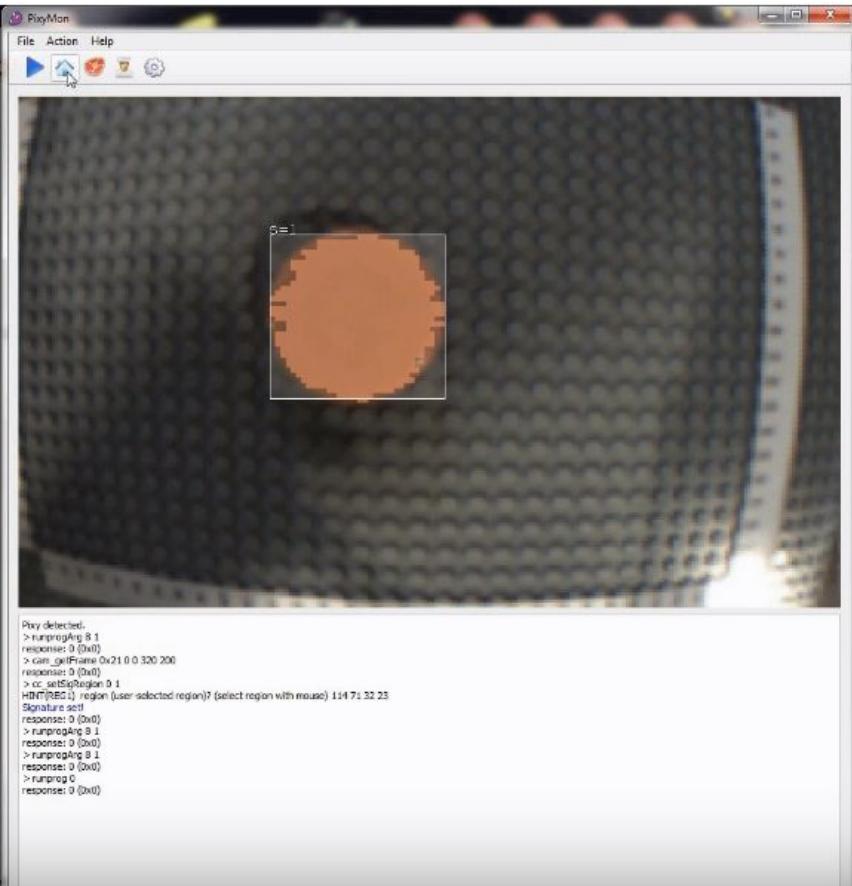
- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation

Reception et analyse  
du signal Bluetooth  
au niveau du robot



- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation

## Localisation par triangulation à l'aide d'une caméra

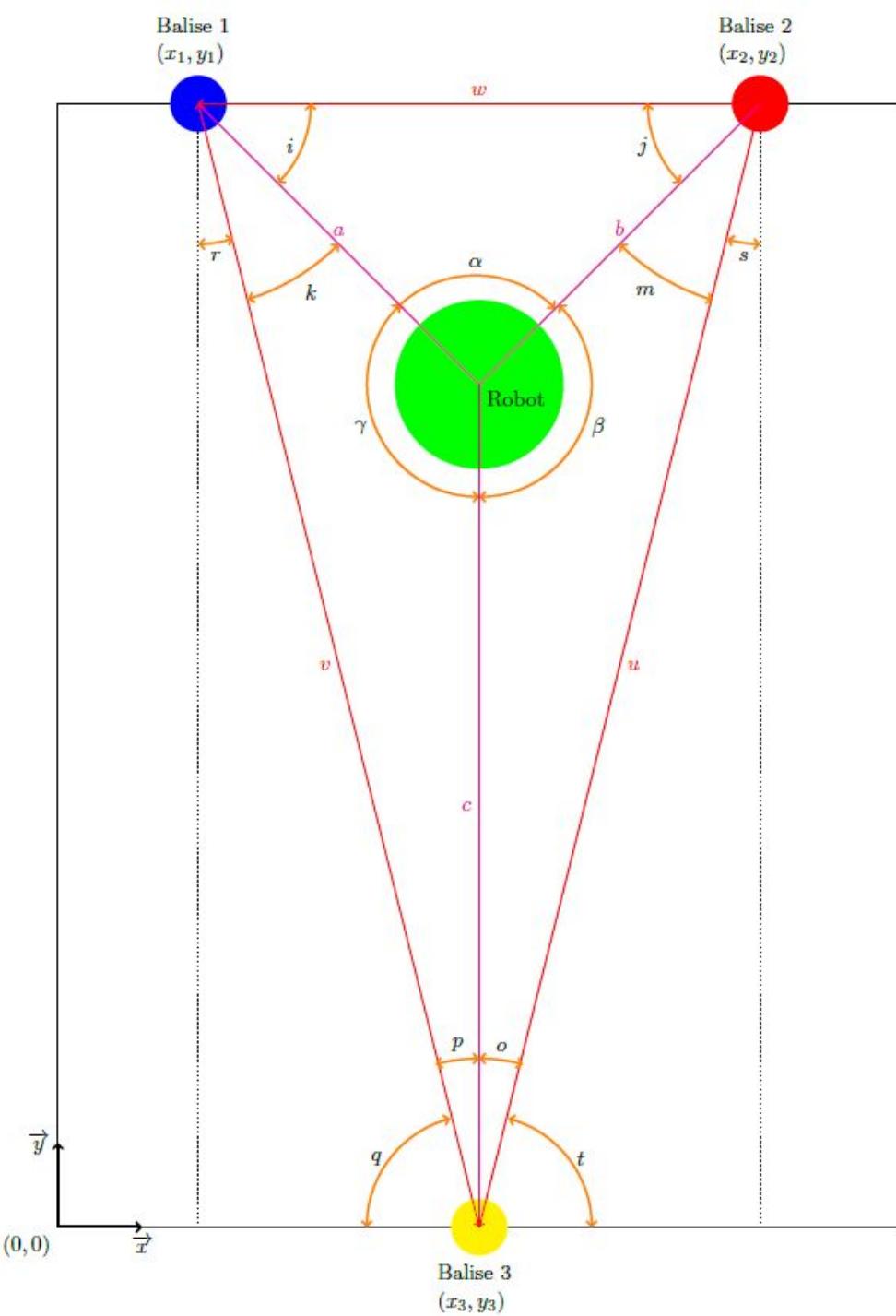


# PJT

## Plateforme Rover Robotique

8 Janvier 2018

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation



# Démonstration de la formule de triangulation

$$j = \arccos\left(\sqrt{\frac{[A \cdot \cos(s - \beta + 90) + B \cdot \cos(\alpha - 180)]^2}{[A \cdot \cos(s - \beta + 90) + B \cdot \cos(\alpha - 180)]^2 + [A \cdot \sin(s - \beta + 90) + B \cdot \sin(\alpha - 180)]^2}}\right)$$

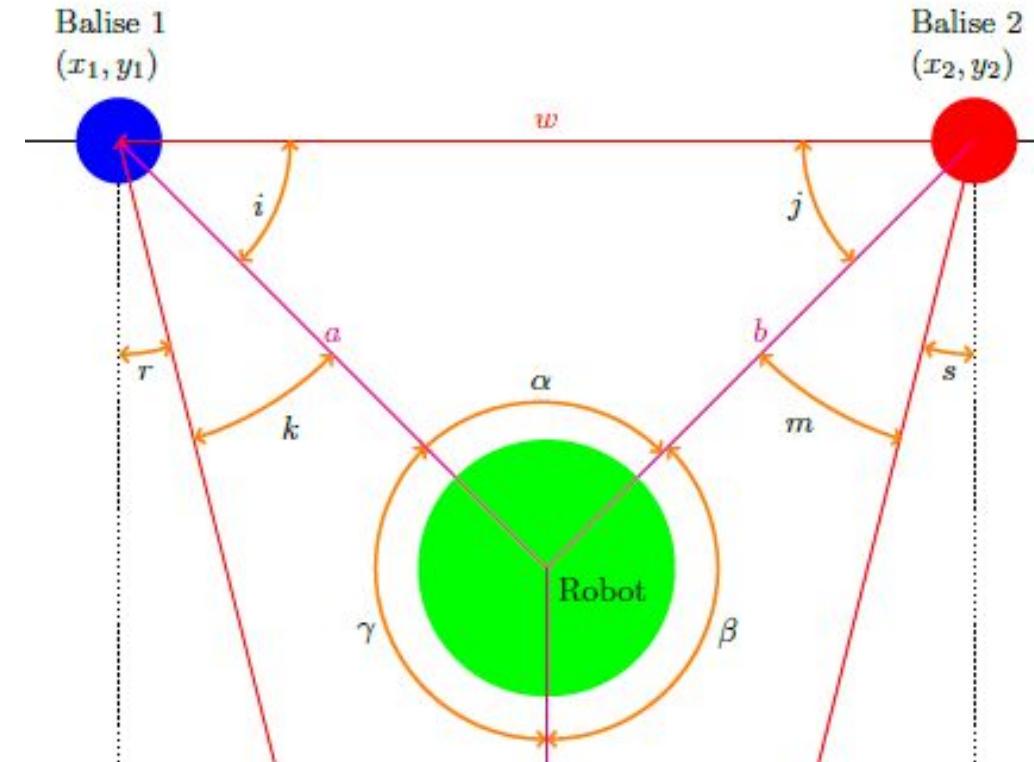
- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation

Etapes:

- Formule du sinus dans les 3 triangles
- Somme des angles d'un triangle
- Couplage des équations

$$\begin{cases} i = 180 - \alpha - j \\ a = \frac{w}{\sin \alpha} \cdot \sin j \\ b = \frac{w}{\sin \alpha} \cdot \sin i \end{cases} \quad \begin{cases} A = \frac{u}{\sin \beta} \\ B = \frac{w}{\sin \alpha} \\ \Phi_1 = s - \beta + 90 \\ \Phi_2 = \alpha - 180 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = x_1 + \cos(i) * a \\ y = y_1 - \sin(i) * a \end{cases}$$



# Programme : formule de triangulation

```
void position(float alpha,float beta,float gama)      //Fonction de calcul de la position en
fonction des angles inter balise
{
    //Dimensions et angles connus
    float L = 2040; // longueur du terrain
    float w = 1660; // longueur entre B1 et B2 = 2 x 830 mm
    float v = sqrt(pow(830,2)+ pow(2040,2)); // longueur entre B1 et B3
    float u = sqrt(pow(830,2)+ pow(2040,2)); // longueur entre B2 et B3
    float r = atan(830/2040); // angle(0,B1,B3)
    float q = (M_PI/2)-r; // angle(B1,B3,0)
    float s = atan(830/2040); //angle
    float t = (M_PI/2)-s; //angle

    // Calcul de l'angle j
    float j =
acos(sqrt(((u/sin(beta))*cos(s-beta+M_PI/2)+(w/sin(alpha))*cos(alpha-M_PI)),2)/(pow(((u/si
n(beta))*cos(s-beta+M_PI/2)+(w/sin(alpha))*cos(alpha-M_PI)),2)+pow(((u/sin(beta))*sin(s-beta+M
_PI/2)+(w/sin(alpha))*sin(alpha-M_PI)),2))));
```

- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation

## Programme : formule de triangulation

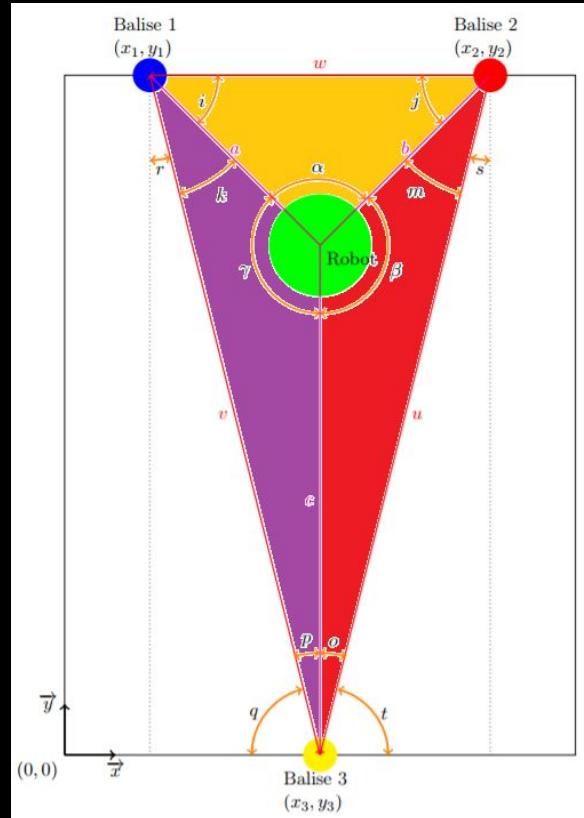
```

// Calcul de l'angle i
float i = M_PI-alpha-j;
printf("%.6f", j);
printf("\n");
printf("%.6f", i);
printf("\n");

//Calcul des longueurs inconnues
float a = w*sin(j)/sin(alpha);
float b = w*sin(i)/sin(alpha);
printf("%.6f", a);
printf("\n");
printf("%.6f", b);
printf("\n");

//Calcul des coordonnées
x = 0 + cos(i)*a;
y = L - sin(i)*a;
}

```



$$\begin{cases} x = x_1 + \cos(i) * a \\ y = y_1 - \sin(i) * a \end{cases}$$

# Conclusion

## Conclusion

PJT  
Plateforme Rover  
Robotique

8 janvier 2018

### Quelle suite pour le projet ?

---

- Levée de fonds
- Intégration de la Pixy Cam sur le robot
- Déplacement avec précision à une position donnée
- Réalisation du cache du robot

# Démonstration de la formule de triangulation

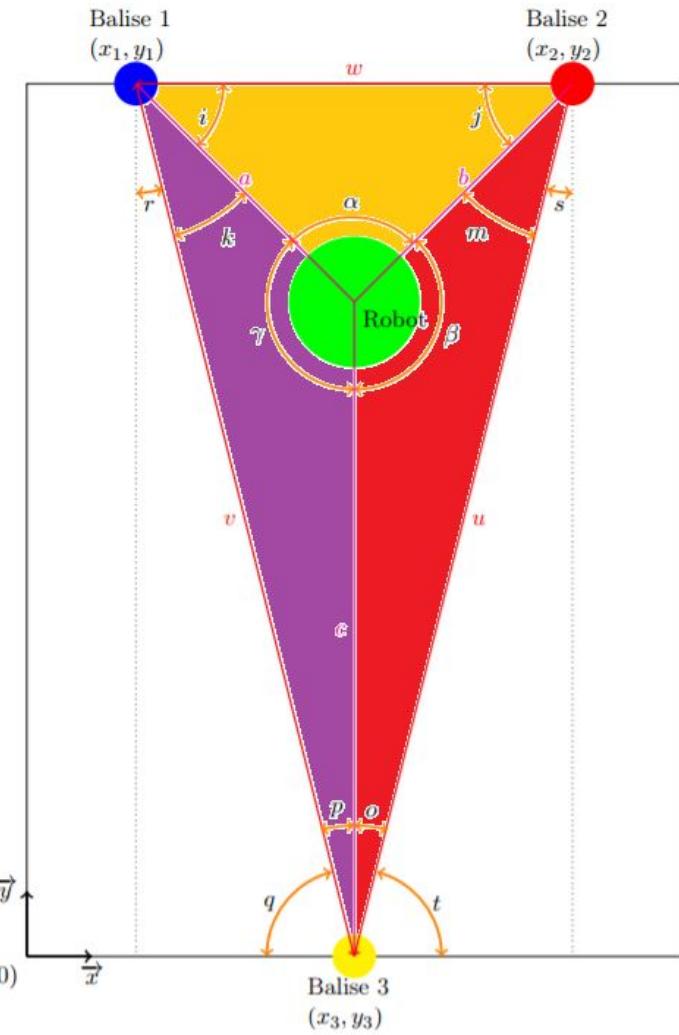
Etapes:

- Formule du sinus dans les 3 triangles

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{v}{\sin \gamma} = \frac{a}{\sin p} = \frac{c}{\sin k} \\ \frac{w}{\sin \alpha} = \frac{a}{\sin j} = \frac{b}{\sin i} \\ \frac{u}{\sin \beta} = \frac{b}{\sin o} = \frac{c}{\sin m} \end{array} \right.$$

- Expression de a, b et c en fonction des autres paramètres

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \frac{v}{\sin \gamma} \cdot \sin p = \frac{w}{\sin \alpha} \cdot \sin j \quad (1) \\ b = \frac{w}{\sin \alpha} \cdot \sin i = \frac{u}{\sin \beta} \cdot \sin o \quad (2) \\ c = \frac{u}{\sin \beta} \cdot \sin m = \frac{v}{\sin \gamma} \cdot \sin k \quad (3) \end{array} \right.$$



- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation

## Démonstration de la formule de triangulation

Etapes:

- Par définition:

$$\begin{cases} j + m = 90 - s \\ m = 180 - o - \beta \end{cases}$$

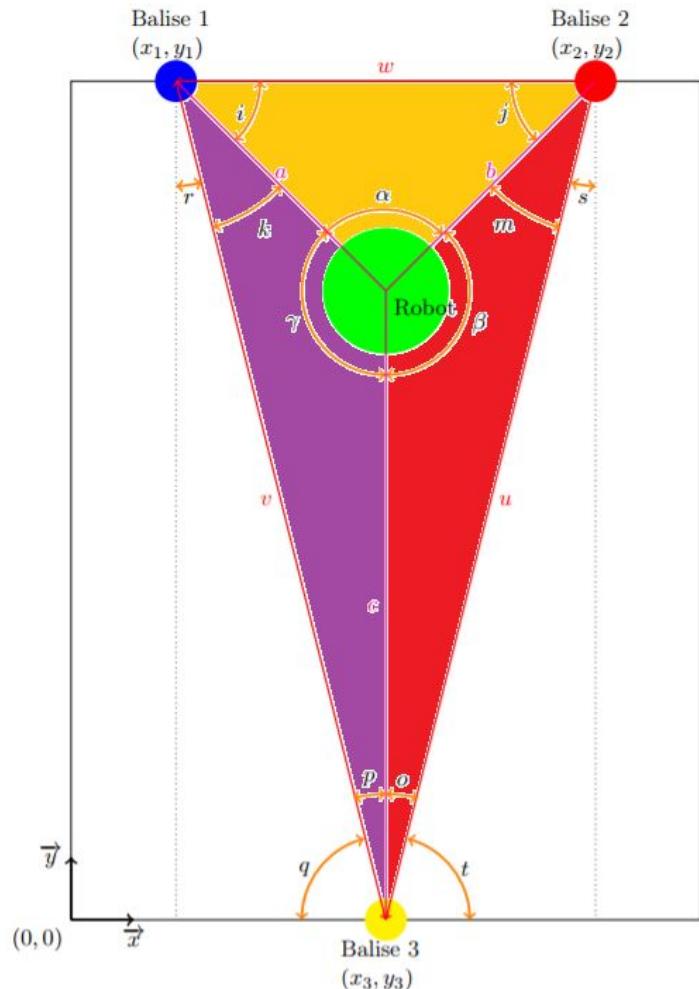
- On conclut que

$$o = j + s - \beta + 90$$

$$i = 180 - j - \alpha$$

- On injecte dans (2)

$$\frac{w}{\sin \alpha} \cdot \sin(180 - j - \alpha) = \frac{u}{\sin \beta} \cdot \sin(j + s - \beta + 90) \quad (4)$$



# Démonstration de la formule de triangulation

- On injecte dans (2):

$$\frac{w}{\sin \alpha} \cdot \sin(180 - j - \alpha) = \frac{u}{\sin \beta} \cdot \sin(j + s - \beta + 90)$$

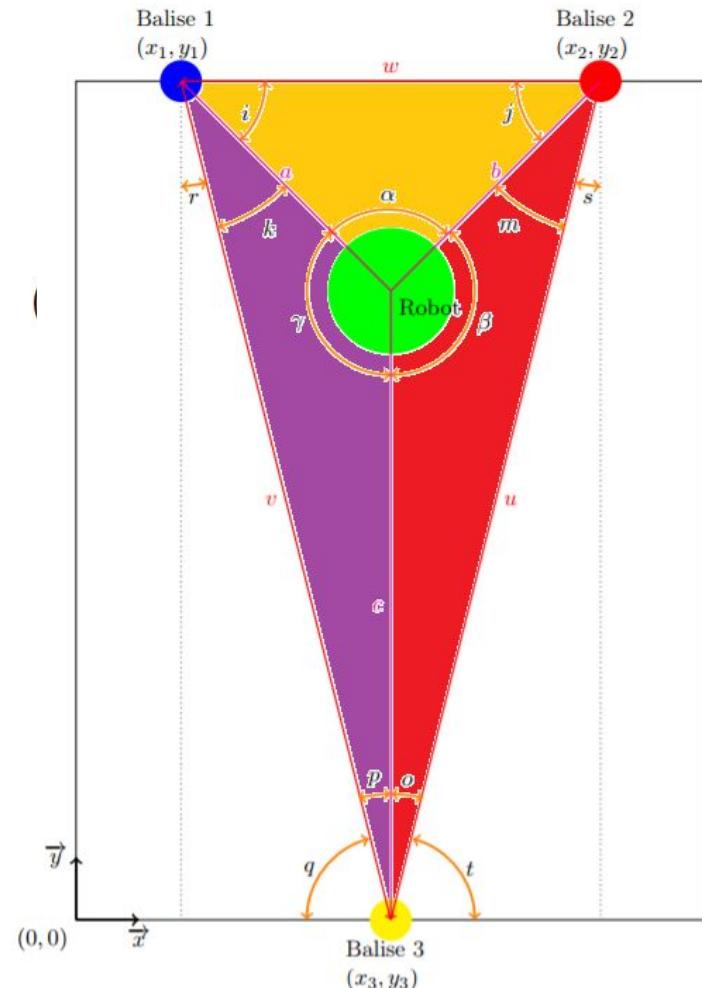
- On pose:

$$\left\{ \begin{array}{l} A = \frac{u}{\sin \beta} \\ B = \frac{w}{\sin \alpha} \\ \Phi_1 = s - \beta + 90 \\ \Phi_2 = \alpha - 180 \end{array} \right.$$

- On a donc:

$$A \cdot \sin(j + \Phi_1) = -B \cdot \sin(j + \Phi_2)$$

- On développe le sinus



- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation

## Démonstration de la formule de triangulation

- On pose

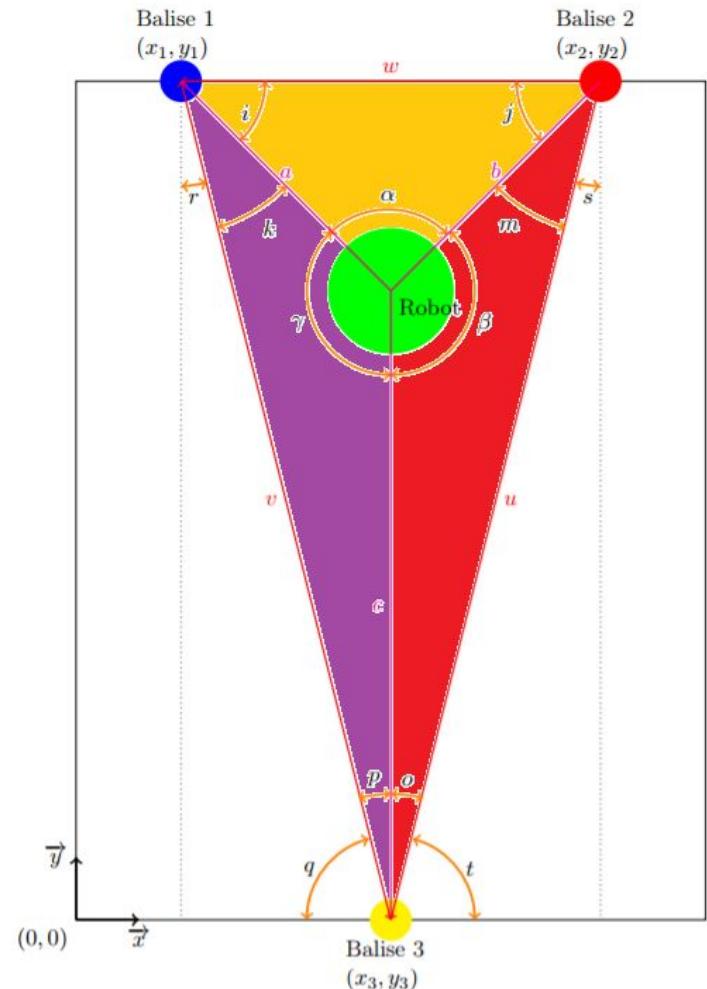
$$\begin{cases} U = A \cdot \cos \Phi_1 + B \cdot \cos \Phi_2 \\ V = A \cdot \sin \Phi_1 + B \cdot \sin \Phi_2 \end{cases}$$

- On a donc

$$U \cdot \sin j = -V \cdot \cos j$$

$$U \cdot \sqrt{1 - \cos^2 j} = -V \cos j$$

$$\cos j = \sqrt{\frac{U^2}{U^2 + V^2}}$$



- I. Gestion de projet
- II. Aire de jeu
- III. Les capteurs
- IV. Liaison sans-fil
- V. Problématique de localisation

## Démonstration de la formule de triangulation

- On a donc sachant que  $-1 \leq \sqrt{\frac{U^2}{U^2+V^2}} \leq 1$

$$j = \arccos\left(\sqrt{\frac{U^2}{U^2 + V^2}}\right)$$

- Finalement on a:

- Avec:
- $$\begin{cases} i = 180 - \alpha - j \\ a = \frac{w}{\sin \alpha} \cdot \sin j \\ b = \frac{w}{\sin \alpha} \cdot \sin i \end{cases}$$

$$j = \arccos\left(\sqrt{\frac{[A \cdot \cos(s - \beta + 90) + B \cdot \cos(\alpha - 180)]^2}{[A \cdot \cos(s - \beta + 90) + B \cdot \cos(\alpha - 180)]^2 + [A \cdot \sin(s - \beta + 90) + B \cdot \sin(\alpha - 180)]^2}}\right)$$

