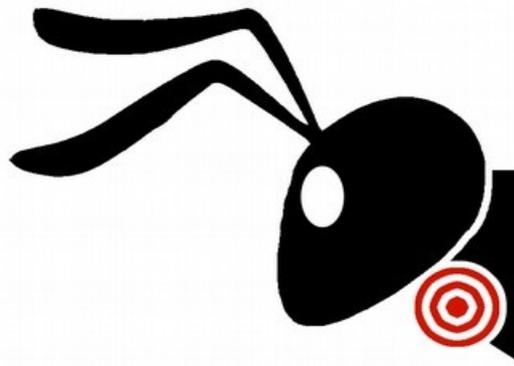


# E-Formica Robotus



## une nouvelle espèce au service de l'Homme

Les élèves de l'Atelier Scientifique et Technique  
M. Beauventre – M. Deperchin – M. Lagneau

Avec le soutien et la participation de  
M. VANNIEUWENHUYSE, Myrmécologue  
et Gérant de la société MICROFAUNE.



Mme TELLIER, Directrice du Collège Jeanne d'Arc - Roubaix



# INTRODUCTION

---

De par l'observation des dernières catastrophes qui ont touchées la planète : séismes, centrales nucléaires détruites... La prospection et la recherche de victimes est des plus difficiles. Elles sont souvent inaccessibles et leurs secours peut mettre en danger les équipes d'intervention.

En observant une fourmilière, nous avons constaté que plusieurs individus ensemble étaient capables de communiquer et réaliser des tâches complexes afin de secourir des congénères dans des zones hostiles.

Nous nous sommes donc demandés si nous pouvions reproduire cette intelligence en essaim avec des robots de petites tailles.

**Peut-on reproduire cette intelligence en essaim avec des petits robots ?  
(réalisation de tâches complexes et communication)**

**Peut-on à partir de là se servir de ces robots pour assurer des missions de secours, de prospection ou plus encore ?**

De par l'ampleur du projet (cf annexe 1), nous avons constaté que la communication au sein des fourmis était suffisamment étendue et méritait une toute autre approche. En effet les fourmis possèdent plusieurs modes de communication et de plus très complexe chimiquement .

Nous nous sommes donc penchés dans un premier temps sur l'étude des comportements simples des fourmis pouvant être reproduits par des robots avec une communication entre eux.

Notre projet pourra se développer ensuite plus tard sur la mise en place de tâches complexes (et pas uniquement pour des secours) mais d'autres missions en terrain hostile (prospection, analyse d'échantillons, recherche de sources de pollution...)

Notre projet se nomme :

**« E-formica robotus : une nouvelle espèce au service de l'Homme ».**

Il a été divisé en 3 pôles d'activité qui travaillent sur les différentes parties de ce projet (cf annexe 2).

Dans un premier temps, nous vous présenterons les différents comportements que nous avons observés chez les fourmis afin de les reproduire chez les robots créés. De plus, nous vous montrerons les tentatives de modélisations de phéromones assurant la communication entre nos robots.

Dans un second temps, nous aborderont les démarches qui conduisent au prototype de notre robot et les multiples problèmes techniques à résoudre.

Enfin, dans une troisième partie, nous vous expliqueront comment les comportements de la fourmis ont été traduits en code informatique autonome et ce que nous souhaiterions mettre en place pour que le public puisse « voir » les phéromones.

# SOMMAIRE

---

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>2</b>
<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>4</b>
<b>LES FOURMIS ET DE LEURS MODES DE COMMUNICATION.....</b>	<b>5</b>
CLASSIFICATION DE LA FOURMI DANS LE MONDE VIVANT.....	5
COMPORTEMENT DES FOURMIS DANS LA FOURMILIÈRE.....	6
Présentation générale.....	6
Expérimentations et observations.....	7
RÉSUMÉ DES MOIS D'OBSERVATION.....	9
Mois de novembre.....	9
Mois de décembre.....	10
Mois de janvier.....	10
Mois de février.....	10
LES PHÉROMONES DE PISTE ET LES EXPÉRIENCES POUR LES MODÉLISER.....	10
Définition.....	10
Expérimentations sur la modélisation de phéromones par nos robots.....	11
Expérimentations avec l'encre fluorescente.....	11
Expérimentations avec la quinine.....	12
<b>LE CHÂSSIS DE LA E-FORMICA ROBOTUS.....</b>	<b>13</b>
LE CHÂSSIS.....	13
LES MOTEURS.....	14
LES ROUES.....	14
L'ADAPTATEUR.....	16
LES TESTS DE TRACTION.....	17
Le banc d'essai.....	17
Les résultats.....	17
<b>LA PROGRAMMATION DE LA E-FORMICA ROBOTUS.....</b>	<b>18</b>
LE BINÔME C .....	18
LE BINÔME ÉLECTRONIQUE.....	19
LE BINÔME JAVA.....	20
L'apprentissage.....	20
L'objectif fixé : repérer les robots fourmis et leurs traces.....	20
<b>ANNEXE 1 : AXES DE DÉVELOPPEMENT DU PROJET.....</b>	<b>21</b>
<b>ANNEXE 2 : ORGANISATION DU PROJET.....</b>	<b>23</b>
<b>ANNEXE 3 : BIBLIOTHÈQUE DE FONCTIONS.....</b>	<b>25</b>
<b>ANNEXE 4 : NOS CONTACTS.....</b>	<b>26</b>

# LES FOURMIS ET DE LEURS MODES DE COMMUNICATION

## CLASSIFICATION DE LA FOURMI DANS LE MONDE VIVANT

Métazoaires (animal)

Cuticulates (qui possède une cuticule)

Arthropodes (pattes articulées)

Antennates (présence de mandibules et tête portant des antennes)

Insectes (tête et thorax séparés, trois paires de pattes)

Hyménoptère (ailes membraneuses)

Formicidae

Messor

**Messor Barbarus**



# COMPORTEMENT DES FOURMIS DANS LA FOURMILIÈRE

## Présentation générale

La fourmilière que nous a été prêtée par Mr Patrice Van Nieuwenhuyse s'appelle Messor Barbarus. La colonie est composée de plus de 300 individus.

Elle est composée de trois castes :

- Les fourmis majors (de plus grandes tailles) sont faites pour les travaux de force
- Les fourmis minors (de petites tailles)
- Les fourmis menors : ce sont les ouvrières basiques

Les fourmis particulières :

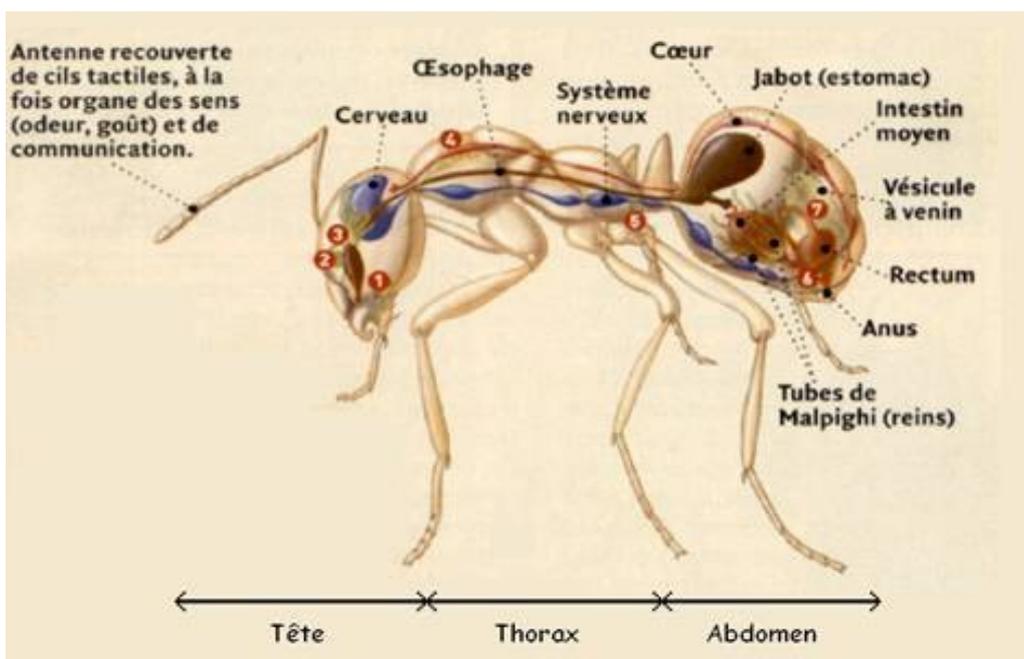
- les sexuées (ayant des ailes)
- les nymphes (larves créant un cocon)



*Majors, minors et nymphes*

La reine ne fait rien à part pondre et conditionne la vie de la fourmilière par la communication phéromonale. C'est d'ailleurs la seule fourmi à pouvoir pondre dans la colonie (hors moment de reproductions).

C'est une colonie granivore (qui mange des graines), qui ne possède pas d'aiguillons (ne pique pas) et est monogyne (ne possède qu'une seule reine). La fourmilière est âgée de 2 ans.



*Anatomie de la fourmi*

## ***Expérimentations et observations***

### *La recherche de graines par les fourmis*

On sait que nos fourmis sont granivores (mangent des graines). Nous mettons toutes les semaines quelques graines dans l'aire de chasse pour qu'elles les ramènent dans leur réserve puis les mangent. Il existe trois types de fourmis : minor, menor et major (de la plus petite à la plus grande)

**Question** : *Est-ce que la taille des fourmis est un facteur dans le ramassage des graines ? Chaque type de fourmi a-t-il un rôle particulier ?*

**Hypothèse** :

- Oui (c'est une société organisée)
- Non (elles sont toutes assez fortes pour soulever n'importe quel type de graine)

**Expérience** : Nous mettons des graines de tous tailles et de toutes formes dans l'aire de chasse puis observons quelle fourmi ramène telle graine.

**Résultat** :

- Les fourmis minor ramènent n'importe quelle graine jusqu'à l'entrée de la fourmilière.
- Les fourmis menor ramènent les moyennes et grandes graines jusqu'à l'entrée de la fourmilière. Parfois elles les ramènent jusqu'à la réserve.
- Les fourmis major ne ramènent pas les graines. Elles s'occupent seulement de ramener jusqu'à la réserve les graines ramenées par les autres.

### *Observation comportementale à propos de la gestion des graines*

Nous avons remarqué que les fourmis ne ramenaient pas toujours les graines que nous déposions dans l'aire de chasse le soir.

**Question** : *Pourquoi, certaines fois, les fourmis ne vont pas chercher leur graine dans l'aire de chasse ?*

**Hypothèse** :

- Il y a des facteurs (humidité, température ...)
- C'est du hasard

**Observations** : Nous avons observé le comportement des fourmis lors de grandes occupations tels que : s'occuper des nymphes, déplacer la reine. Mais aussi des phéromones de fuite en créant des vibrations. Et enfin lorsqu'il y a beaucoup de graines dans leur réserve.

**Résultat** : Nous avons remarqué une baisse des recherches dans l'aire de chasse dans ces cas :

- Lors de forte occupations (nymphes/reine)
- Lorsque des phéromones de fuite sont émises

### Observations d'autres types de communication chez les fourmis

Nous savons qu'il existe une communication entre les fourmis grâce aux phéromones : la communication chimique.

**Question** : *Existe-t-il d'autres types de communications ?*

**Observations** : Nous avons observé des fourmis ayant vu des graines. Certaines touchent d'autres fourmis avec leurs antennes et partent immédiatement vers l'aire de chasse. Il s'agit d'une communication à courte distance par contact.

Lors de vibrations, certaines fourmis protègent la reine et les nymphes tandis que les autres paniquent. En quelques secondes toute la fourmilière était touchée.

### Les vibrations

Nous savons que les fourmis ont des pattes très sensibles.

**Questions** : *Est-ce les pattes des fourmis servent à communiquer, une phéromone est-elle produite ?*

**Hypothèse** :     - Oui une phéromone est produite (phéromones de fuite)  
                          - Non (les pattes n'ont pas de glandes sur les pattes)

**Expérience** : Nous avons tapé à côté de la fourmilière de plus en plus fort à intervalle régulier (1 minute).

**Résultat** : Les trois première fois, les fourmis étaient très paniquées et ont sorti

la presque totalité des nymphes hors de la fourmilière.

Puis au bout de la cinquième fois les fourmis ne semblaient plus « ressentir » les vibrations.

### *Perturbation de la recherches des graines*

Nous savons que les fourmis détestent l'eau.

**Question :** *Est-ce que le fait de mouiller la trace menant aux graines perturbe les fourmis ?*

**Hypothèse :**

- Oui (parce que les fourmis en ont peur)
- Non (parce que les phéromones sont volatiles)

**Expérience :** Avec notre doigt humide nous passons sur une trace formée par une fourmi ayant vu et ramené une graine.

**Résultat :** Les fourmis n'avancent plus. Comme si une barrière était en face d'elles. On suppose même qu'elles sécrètent une phéromones de fuite. Plus le temps passe plus les fourmis paniquent.

## **RÉSUMÉ DES MOIS D'OBSERVATION**

Chaque mois l'une d'entre nous a noté des informations (humidité et température de la fourmilière, place des graines dans la fourmilière, et le comportement des fourmis au sein de la fourmilière et de l'aire de chasse) afin de déterminer les meilleures conditions de vie pour la fourmi et étudier en profondeur son comportement.

### ***Mois de novembre***

Le moment où les fourmis ont été très actives ce mois-ci c'est lorsqu'il y avait 45 % d'humidité et 20°C. Les graines quand à elles sont placées vers l'arrière de la fourmilière quand il fait plus de 20°C.

## ***Mois de décembre***

Par rapport au mois de novembre nous pouvons rajouter que la température n'est jamais descendue en dessous de 20°C, que donc les graines n'ont pas beaucoup bougé.

De plus, plus l'humidité est forte, plus plus les fourmis se regroupent.

## ***Mois de janvier***

La température a beaucoup augmentée (toujours au dessus de 21°C) et l'humidité diminuée (toujours en dessous de 40 %). Pourtant les fourmis ne semblaient pas très affectées, sauf lors des jours rudes avec 25,1°C et 30 % d'humidité. On pense que les fourmis ont une grande capacité d'adaptation.

## ***Mois de février***

Les différence température et humidité sont toujours présentes mais l'activité au sein de l'aire de chasse est plus présente.

# **LES PHÉROMONES DE PISTE ET LES EXPÉRIENCES POUR LES MODÉLISER**

## ***Définition***

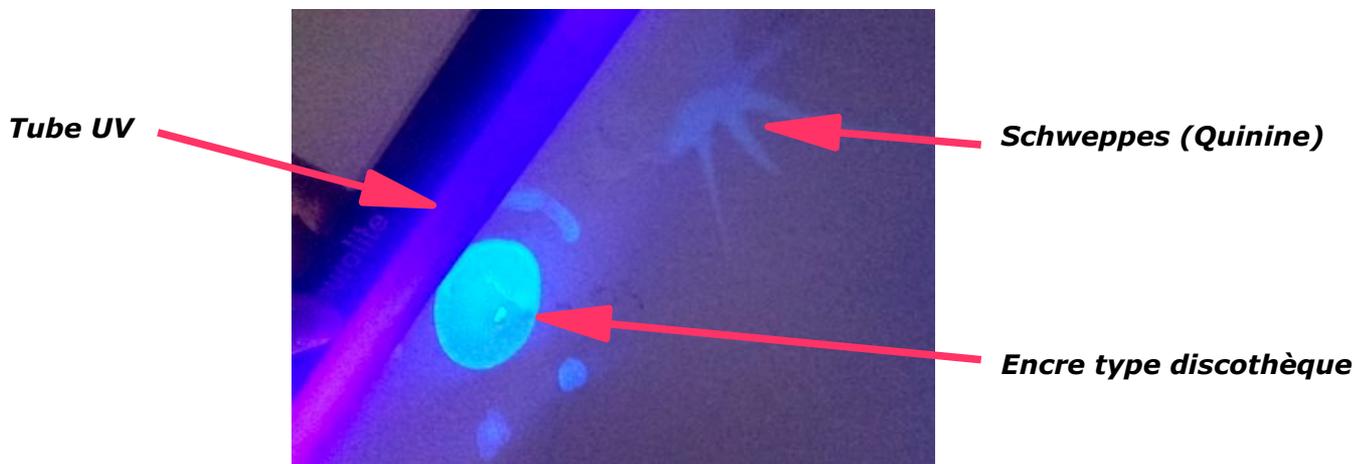
De nombreuses phéromones sont produites par les fourmis : phéromones d'alerte, de fuite, de piste... Les phéromones de piste sont celles qui nous intéressent ici pour chercher à modéliser ces « chemins olfactifs » que laissent les fourmis derrière elles. Ces phéromones de piste sont sécrétées par des glandes très diverses, généralement abdominales (glandes de Pavan, glandes de Dufour etc...) et sont principalement composées d'hydrocarbures. Ces hydrocarbures sont plus ou moins concentrés et/ou volatils selon le message à délivrer :

Notre myrmécologue nous a indiqué qu'en retour de la découverte d'une source de nourriture, la concentration est 10x supérieure qu'à l'aller.

Nous recherchons donc une « phéromone » de substitution qui conserve les qualités essentielles que sont la concentration et la volatilité.

## ***Expérimentations sur la modélisation de phéromones par nos robots.***

Nous devons trouver une substance qui soit visible par les robots fourmis et qui s'estompe avec le temps. Plusieurs substances peuvent être testées : la chlorophylle, la quinine, une encre spéciale, toutes fluorescentes aux UV.

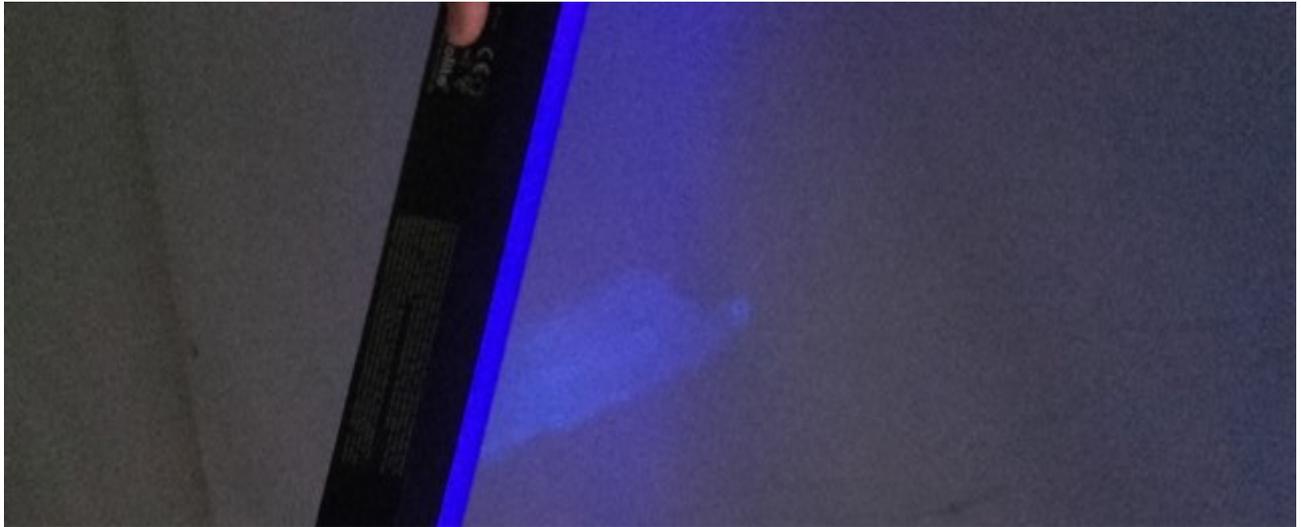


A gauche nous avons l'encre pour tampons encreurs utilisée en discothèque et à droite la quinine contenue dans de la boisson tonic (schweppes). On peut déjà constater que la quinine est moins révélatrice mais peut peut-être s'estomper plus facilement.

## ***Expérimentations avec l'encre fluorescente***

Nous avons donc décidé de diluer l'encre dans de l'alcool pour faciliter son évaporation.



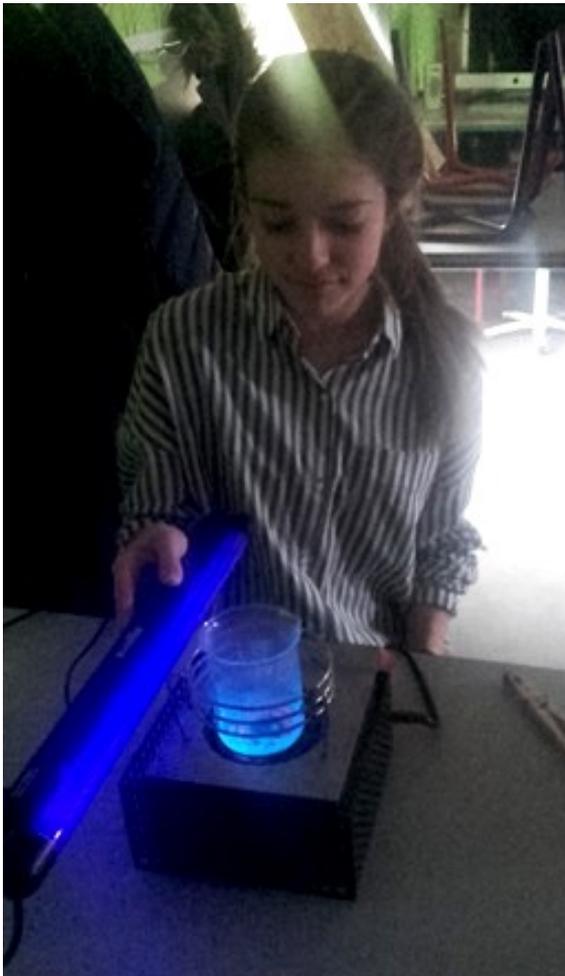


*25 ml d'alcool plus trois gouttes de substance fluorescente et chauffage*

On a dilué fortement l'encre dans de l'alcool. Des dépôts subsistent toujours après chauffage et évaporation, mais en moindre quantité.

### ***Expérimentations avec la quinine***

Nous avons remarqué que la quinine était moins révélatrice que l'encre. Nous avons décidé de concentrer le tonic.



*Réduction du tonic à 50% par chauffage  
50ml à 25 ml pour concentrer la quinine*



*Tonic concentré à 50%*

Les résultats avec la quinine sont encourageants lorsque l'on cherche à la concentrer. Il nous reste encore des tests à faire pour estomper au mieux notre substance fluorescente et limiter les dépôts.

## LE CHÂSSIS DE LA E-FORMICA ROBOTUS

---

En nous inspirant du comportement des fourmis, nous avons entrepris de construire un ensemble de petits robots capables de se déplacer sur des terrains difficiles (sable, cailloux, boue ...) et ce à faible coût. Chacun de ces robots doit être autonome mais aussi capable de communiquer avec les autres robots pour pouvoir accomplir des tâches complexes.

Nous avons défini un certain nombre de fonctions techniques à réaliser pour atteindre notre objectif :

- Être suffisamment autonome en énergie pour accomplir sa mission jusqu'au bout.
- Être capable de se déplacer sur différentes natures de sols.
- Être capable de suivre un marquage au sol.
- Pouvoir intégrer d'autres capteurs et actionneurs selon les besoins et la mission du robot.
- Pouvoir intégrer la partie programmable (carte Arduino).

### LE CHÂSSIS

Nous avons cherché à créer un châssis à plate-formes modulables afin que chaque robot puisse avoir une tâche spécifique.

Nous avons téléchargé un modèle de châssis sur internet et l'avons modifié sur Sketchup.

Nous avons commencé par aménager le châssis pour qu'il puisse accueillir différents capteurs, batteries, cartes électroniques (ex: carte Arduino), par exemple en réalisant des étages supplémentaires.



Pour éviter les obstacles nous avons créé un pare-chocs pouvant tourner autour d'un axe placé sous le châssis. Nous avons également placé des capteurs devant

le châssis qui en réagissant avec le contact du pare-chocs lors du contact avec un obstacle permettant au robot de se déplacer en conséquence.

## LES MOTEURS

La traction est assurée par deux moteurs indépendants et opposés afin négocier les courbes par transmission différentielle. Du fait de devoir utiliser des moteurs économique à courant continu, nous avons utilisé des moto-réducteurs afin de mieux gérer la puissance transmise.



Nous avons opté pour les premiers tests d'un ensemble motoréducteur économique.

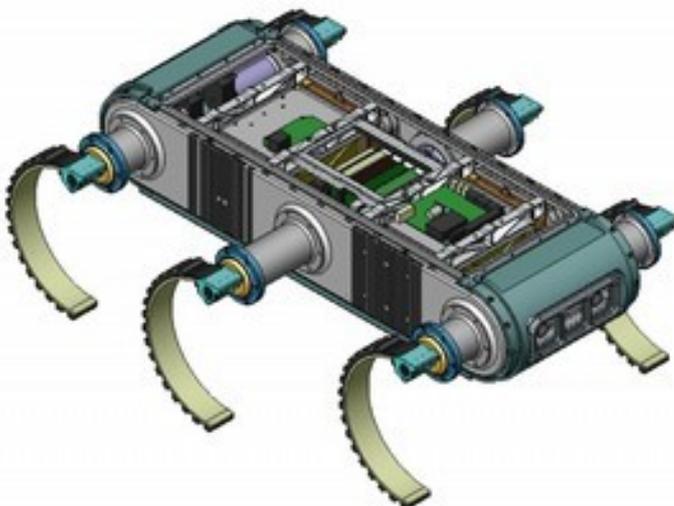
## LES ROUES

Nous avons commencé par étudié les différents types de roues :

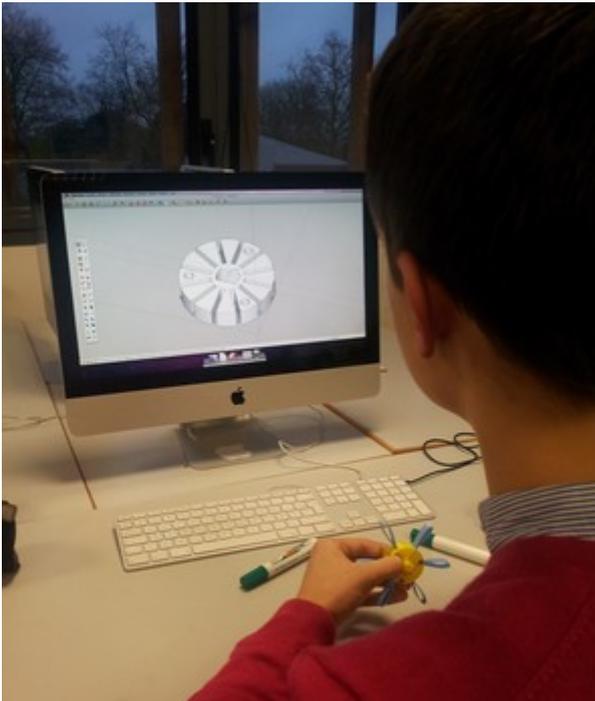
- basiques (circulaires)
- chenilles
- à pâles

Nous avons porté notre choix sur les roues à pâles car les chenilles sont d'un coût trop élevé et les roues basiques ayant un rendement peu efficace notamment lorsqu'il s'agit de surmonter un obstacle.

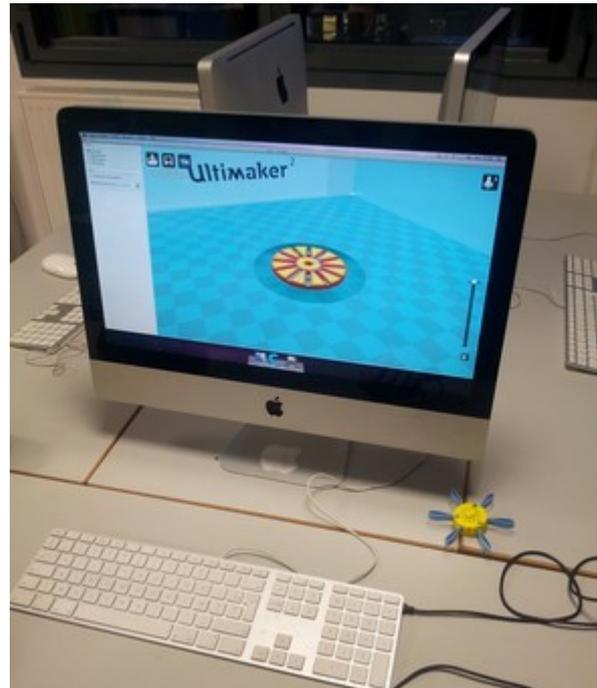
Nous nous sommes inspirés d'un mode de déplacement développé sur le robot RHex de la société Boston Dynamics :



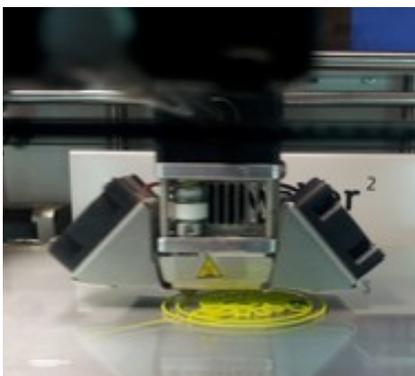
Les roues à pâles se sont donc imposées à nous grâce à leur efficacité, leur rendement élevé de par le fait que les avons réalisées nous-même.



*Plan sous Sketchup*



*Préparation à l'impression 3D*



*Impression 3D*



*Pièce imprimée*



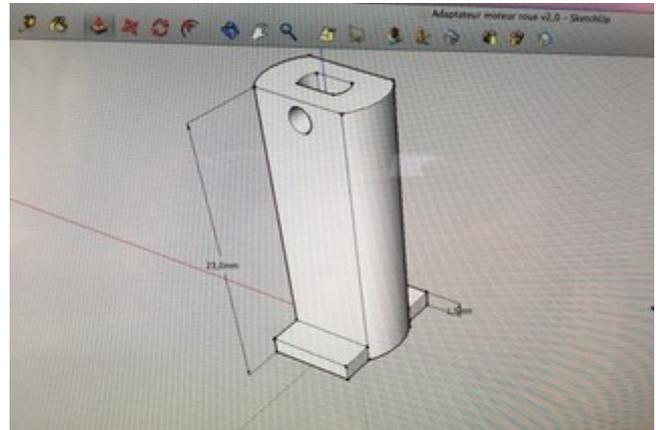
*Roue et pales montés*

Nous avons voulu faire une roue en une seule fois avec juste un pliage pour la pale, trouvant cela trop complexe car la tenue de la pôle était bancal. Nous avons alors réfléchi à un moyen de palier à ce problème notamment en concevant une roue en deux flasques identiques que nous allons par la suite apposer et bloquer avec des boulons pour pouvoir orienter en fonction des désirs de l'utilisateur les positions des pâles. Ces dernières seront maintenues en places grâce à deux encoches.

## L'ADAPTATEUR

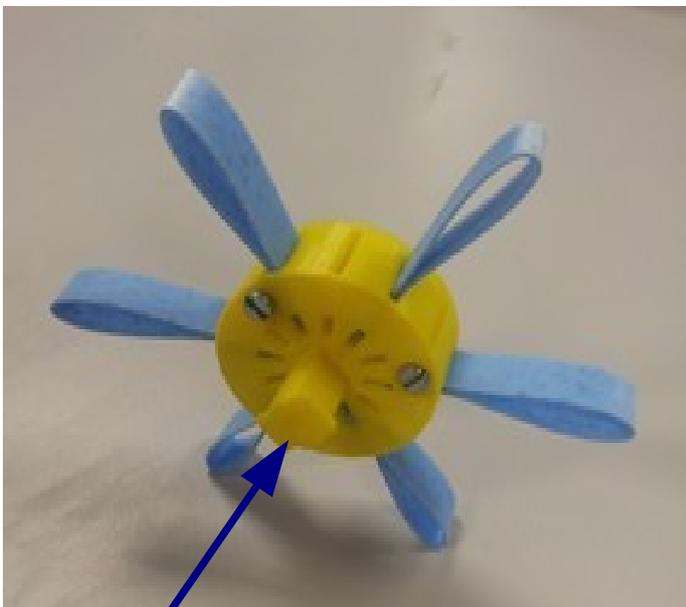
Nous avons conçu un adaptateur pour pouvoir ajuster nos roues à toutes sortes de moteurs. Pour cela nous avons utilisé Sketchup pour le dessiner et ensuite utilisé Cura pour le préparer à l'impression 3D.

Nous avons créé un premier adaptateur et en faisant des tests nous avons remarqué qu'il était trop fin et peu résistant. Nous l'avons donc épaissi de sorte à ce qu'il soit plus solide. Nous l'avons réimprimé avec les bonnes mesures avec succès.

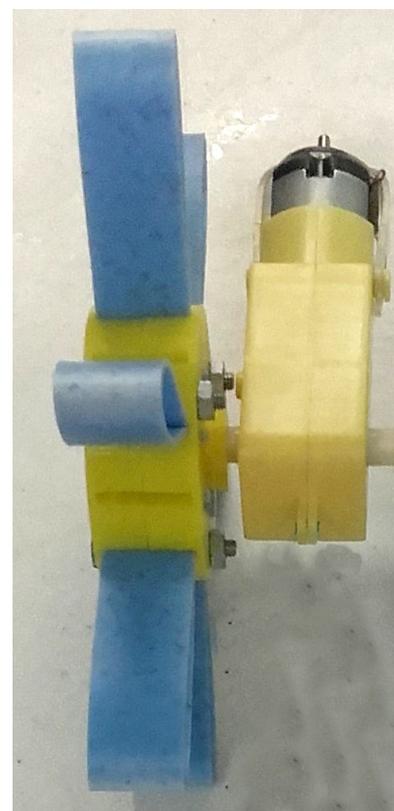


*Plan sous Sketchup*

Grâce à l'adaptateur nous allons pouvoir choisir le moteur qui convient le mieux à notre projet.



*Adaptateur monté sur la roue*



*Roue montée sur le motoréducteur de test*

## LES TESTS DE TRACTION

A l'instar des fourmis, nos robots doivent être capables d'évoluer sur différents types de sols : graviers, sable, enrobé, herbe, éventuellement boue, mais aussi béton, carrelage et sols plastiques.

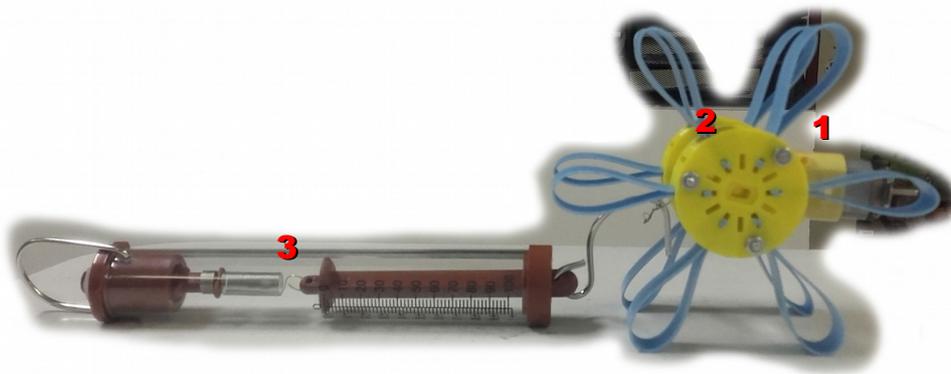
Les roues que nous avons conçues nous permettent de tester différentes combinaisons de pales en faisant varier les paramètres suivants :

- le nombre de pales
- la longueur des pales
- la largeur des pales
- position du pli
- présence ou non d'éléments permettant d'augmenter l'adhérence (boulons, empiècements de caoutchouc, découpes)

Ces différentes combinaisons nous éclaireront sur nos choix pour avoir des roues polyvalentes ou très spécialisées en fonction du support d'évolution.

### ***Le banc d'essai***

Il est constitué d'un motoréducteur (1) alimenté par une alimentation de laboratoire indiquant la consommation réelle du montage, d'un jeu de roues à tester (2), d'un dynamomètre (3) mesurant l'effort de traction, et d'un support d'évolution.



### ***Les résultats***

Mesures et graphiques à venir.

# LA PROGRAMMATION DE LA E-FORMICA ROBOTUS

---

En premier lieu, étant inspiré des comportements des fourmis, nous avons entamé la réalisation de la retranscription des comportements basiques de celles-ci à l'aide du logiciel Arduino qui utilise le langage C. En effet celui-ci est adapté pour une programmation complexe tout en étant à petit budget. De plus nous avons décidé d'utiliser le langage Java pour retranscrire les phéromones échangées entre les fourmis.

Nous avons divisés notre groupe en 3 binômes :

- Un premier binômes spécialisé dans la programmation C
- Un second binôme spécialisé dans l'électronique
- Et un dernier spécialisé dans la programmation Java

## LE BINÔME C

Nous avons commencé à apprendre la programmation arduino en s'aidant du livret fourni et par le site eskimon.fr, ce qui est un bon début pour des novices en programmation. Puis ayant acquit la théorie, le groupe s'est mis à la pratique en travaillant sur le kit débutant arduino. L'ouvrage présentait plusieurs montages à réaliser ainsi qu'à coder. Nous avons alors débuté à tester les différents montages afin d'acquérir une expérience dans la programmation arduino.

Ces séances primordiales nous ont permis de passer à la programmation des mouvements des fourmis.

```
int switchstate = 0;
void setup() {
    pinMode(3, OUTPUT);
    pinMode(4, OUTPUT);
    pinMode(5, OUTPUT);

    pinMode(2, INPUT);
}
void loop() {
    switchstate = digitalRead(2);

    if (switchstate == LOW) {
        digitalWrite(3, HIGH);
        digitalWrite(4, LOW);
        digitalWrite(5, LOW);
    }

    else {
        digitalWrite(3, LOW);
        digitalWrite(4, LOW);
        digitalWrite(5, HIGH);

        delay(250);
        digitalWrite(4, HIGH);
        digitalWrite(5, LOW);

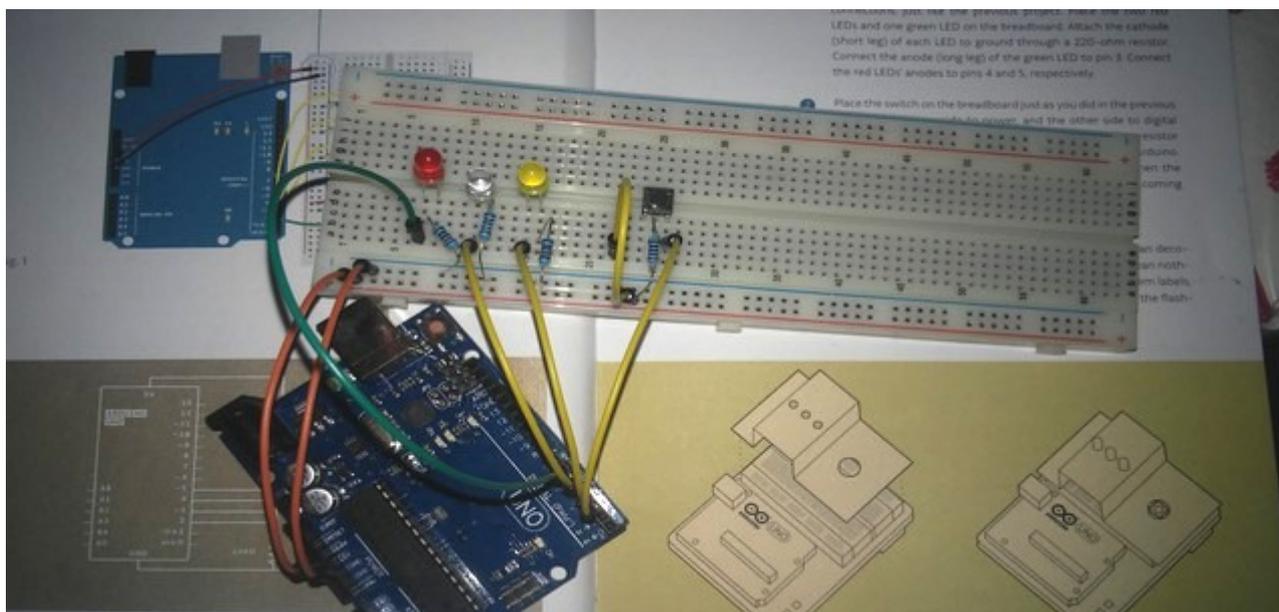
        delay(250);
    }
}
```

*Premier programme réalisé : qui consiste à allumer et éteindre des LEDs grâce à l'interrupteur.*

Premièrement, nous avons du programmer les mouvements de base d'une fourmi, c'est à dire : avancer, reculer, tourner à droite etc... Après maintes tentatives de réalisation nous avons enfin obtenu un code fonctionnel puisque celui-ci fonctionne sur un prototype de robot (cf annexe 3).

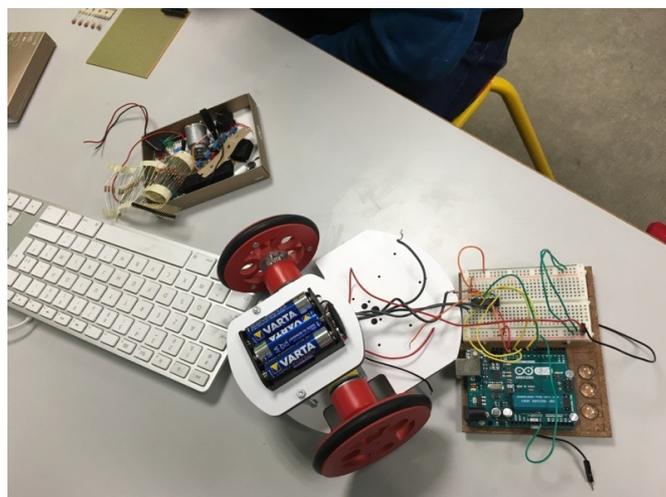
## LE BINÔME ÉLECTRONIQUE

Grâce au livre fournit dans le kit, nous avons pu nous entraîner à réaliser des montages. Ceux-ci sont très instructifs. Nous avons appris très rapidement comment monter les circuits .



*Un des premiers montages réalisé*

A l'aide du binôme programmation qui faisait le code en même temps, nous avons pu progresser en parallèle et avoir une « symbiose » parfaite. En nous penchant sur le sujet, nous avons réalisé le montage du circuit du code mouvement du robot.



*Montage du circuit sur le premier prototype*

## LE BINÔME JAVA

### ***L'apprentissage***

Nous avons commencé par de simples programmes comme le « hello world » pour nous initier à la programmation en Java parallèlement à un autre groupe qui travaillait sur le C Arduino.

Comme nous travaillons sur Mac OS, nous avons eu quelques problèmes vis à vis de la compatibilités des logiciels utilisés comme Eclipse ou BlueJ qui n'exécutaient pas les programmes. Mais finalement nous avons réussi à utiliser Eclipse sous Windows avec le programme "*hello world*".

### ***L'objectif fixé : repérer les robots fourmis et leurs traces...***

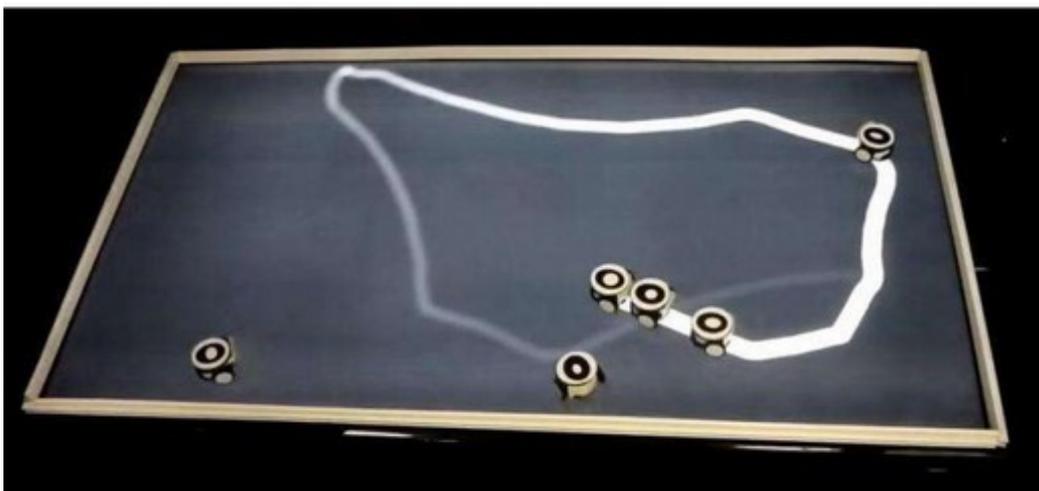
Le vrai but de notre programmation en Java est de repérer les robots fourmis à l'aide d'une Wiimote. En effet la Wiimote possède un capteur infrarouge très performant qui permet de suivre 4 sources infrarouges simultanément et de fournir leurs coordonnées dans un tableau de 1024 x 768 points. Les robots vont de ce fait



*Capteur IR de Wiimote*

être équipés d'une LED infrarouge dirigée vers le haut pour être suivies par la Wiimote.

Connaissant les coordonnées des fourmis, il est possible de gérer les traces de celles-ci : les phéromones ! Il ne reste enfin qu'à reproduire tout cela sur un écran pour rendre visible l'invisible auprès des visiteurs.

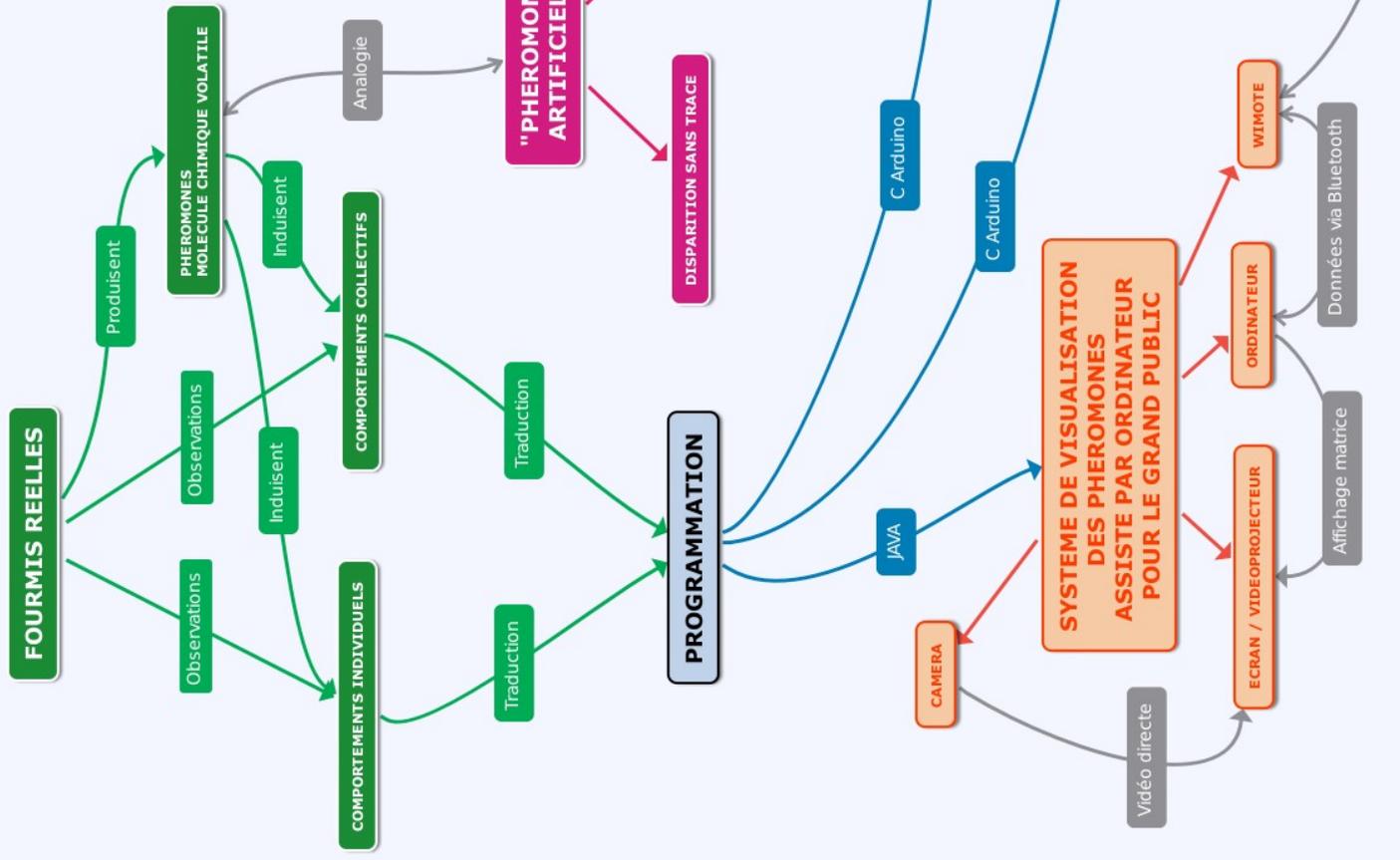


*Utilisation de phéromones lumineuses - University of Lincoln*

**ANNEXE 1 : AXES DE DÉVELOPPEMENT DU PROJET**

---

**- E FORMICA ROBOTUS -  
LES DEVELOPPEMENTS  
DU PROJET  
ET LEURS INTERACTIONS**



**ANNEXE 2 : ORGANISATION DU PROJET.**

---



## ANNEXE 3 : BIBLIOTHÈQUE DE FONCTIONS

---

Bibliothèque de fonctions pour les mouvements de base de la fourmi et son suivi de phéromones.

```
int motor1_enablePin = 11; //pwm
int motor1_in1Pin = 13;
int motor1_in2Pin = 12;

int motor2_enablePin = 10; //pwm
int motor2_in1Pin = 8;
int motor2_in2Pin = 7;

void setup()
{
  //on initialise les pins du moteur 1 : droite
  pinMode(motor1_in1Pin, OUTPUT);
  pinMode(motor1_in2Pin, OUTPUT);
  pinMode(motor1_enablePin, OUTPUT);

  //on initialise les pins du moteur 2 : gauche
  pinMode(motor2_in1Pin, OUTPUT);
  pinMode(motor2_in2Pin, OUTPUT);
  pinMode(motor2_enablePin, OUTPUT);
}

void loop()
{
}

//Fonction qui set le moteur1
void SetMotor1(int speed, boolean reverse)
{
  analogWrite(motor1_enablePin, speed);
  digitalWrite(motor1_in1Pin, !reverse);
  digitalWrite(motor1_in2Pin, reverse);
}

//Fonction qui set le moteur2
void SetMotor2(int speed, boolean reverse)
{
  analogWrite(motor2_enablePin, speed);
  digitalWrite(motor2_in1Pin, !reverse);
  digitalWrite(motor2_in2Pin, reverse);
}

void DemiTourGauche(int val) {
  val = map(val, 0, 255, 0, 100);

  // mise en route des moteur pour tourner par la gauche sur lui meme
  SetMotor2(val, true); //marche arriere
  SetMotor1(val, false); //marche avant
  Delay(500); // 500ms
  // arret de moteur
  SetMotor2(0, false); //marche arriere
  SetMotor1(0, false); //marche avant
}

void DemiTourDroite(int val) {
  val = map(val, 0, 255, 0, 100);

  // mise en route des moteur pour tourner par la droite sur lui meme
  SetMotor2(val, true); //marche arriere
  SetMotor1(val, false); //marche avant
  Delay(500); // 500ms
  // arret de moteur
  SetMotor2(0, false); //marche avant
  SetMotor1(0, false); //marche avant
}

void ToutDroit(int val) {
  val = map(val, 0, 255, 0, 100);

  // mise en route des moteur pour tourner tout droit
  SetMotor2(val, false); //marche avant
  SetMotor1(val, false); //marche avant
  Delay(500); // 500ms
  // arret de moteur
  SetMotor2(0, false); //marche avant
  SetMotor1(0, false); //marche avant
}

void MarcheArriere(int val) {
  val = map(val, 0, 255, 0, 100);

  // mise en route des moteur pour tourner tout droit
  SetMotor2(val, true); //marche arriere
  SetMotor1(val, true); //marche arriere
  Delay(500); // 500ms
  // arret de moteur
  SetMotor2(0, false); //marche avant
  SetMotor1(0, false); //marche avant
}
```

## ANNEXE 4 : NOS CONTACTS

---

Les contacts que nous avons établis sur le sujet :

### **Myrmécologue**

**M. Patrice VANNIEUWENHUYSE**, gérant de la société « Microfaune » à Wattrelos, un des spécialistes national de la fourmi. Il a écrit des ouvrages de référence sur le sujet. Il nous a rencontré au début du projet pour nous présenter la fourmilière qu'il nous a prêtée et donné de nombreux conseils.

<http://www.microfaune.fr>

### **Robotique**

**Le laboratoire de robotique de l'ENSAM de Lille** nous accueillera pour visiter leurs locaux dès que nous auront terminé notre prototype. Ils nous présenteront leurs travaux sur des robots humanoïdes de type NAO et nous donner des conseils sur des points de blocage de notre développement.

<http://www.ensam.eu>

**Pr Rochdi Merzouki**, spécialiste en robotique et en mécatronique au sein du Centre de Recherche en Informatique, Signal et Automatique de Lille (Cristal UMR CNRS 9189). Nous l'avons rencontré à l'origine du projet, en juillet 2015 pour nous présenter ses travaux et présenter notre sujet. Spécialisé dans la mobilité de robots, il nous propose de le solliciter, ainsi que ses doctorants, lorsque nous seront confronté aux problèmes liés aux déplacements et aux interactions de nos robots fourmis.

<http://www.master-mrt.eu/>

**Pr Marco Dorigo**, Directeur de Recherches du FNRS (IRIDIA CP 194/6) à l'Université libre de Bruxelles, spécialiste de l'intelligence en essaim. Il nous à aimablement partagé ses travaux sur les colonies de fourmis. Il travaille actuellement sur 2 projets très proches du notre : <http://www.ascens-ist.eu/> et <http://www.e-swarm.org/>

<http://iridia.ulb.ac.be/~mdorigo/HomePageDorigo/>