

Rapport bibliographique

Année scolaire 2022-2023

“Arachne & 4 Anansi Boys”

**Etudiants : - VU Jimmy
- PORCEL Koralie**

SOMMAIRE

Introduction.....	4
Chapitre I : Robot hexapode.....	5
1. Forme globale.....	5
2. Déplacement.....	6
3. Servomoteurs.....	7
4. Capteur de distance.....	8
5. Monter les escaliers.....	9
6. Communication.....	10
7. Alimentation.....	10
8. Problèmes à prévoir.....	11
9. Fonction supplémentaire.....	11
Chapitre II : Robots en essaim.....	12
1. Forme globale.....	12
2. Déplacement.....	12
3. Moteurs.....	12
4. Reconnaissance d'objets	12
5. Recherche d'objets.....	13
6. Récupérer l'objet.....	14
7. Rapporter l'objet.....	14
8. Capteur de distance.....	14
9. Communication.....	15
10. Alimentation.....	15
11. Robots supplémentaires.....	15
Liste des composants.....	16
Planning.....	17
Conclusion.....	18
Bibliographie.....	19
1. L'araignée	19
2. Essaim.....	19

Introduction

L'objectif de ce projet est de réaliser en 80h de cours répartis sur deux semestres un robot qui utilise une carte NVIDIA JN30D-Nano.

Nous avons choisi de réaliser un essaim de 4 robots de forme cubique équipés d'une pince. Cet essaim se déplace avec quatre roues. Leur fonction est de chercher un objet de forme et de couleur fixes dans une pièce et le ramener à un robot araignée hexapode mère. Le robot hexapode se déplace avec 6 pattes et pourra monter les escaliers. Ces 4 robots cubiques seront commandés par le robot hexapode.

Nous allons voir dans un premier temps les composants, solutions techniques ainsi que les fonctionnalités de l'araignée robot hexapode et dans un second temps les composants, solutions techniques, et les fonctionnalités de l'essaim. Puis nous allons voir les problèmes à prévoir, la liste des composants, le diagramme de Gantt et pour finir la conclusion et la bibliographie.

Chapitre I : Robot hexapode

1. Forme globale :

Le robot mère est un robot hexapode en forme d'araignée possédant une base polygone non régulière à six côtés de 240 mm de hauteur par 220 mm de largeur.

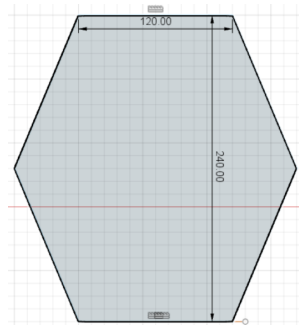


Figure 1 : Exemple de la forme de la base du robot

Les six pattes sont composées chacune de 3 servomoteurs dont deux liaisons pivot avec sa rotation selon l'axe x et une liaison pivot avec sa rotation selon l'axe z au niveau de la base rectangulaire. Les pattes font chacune 240 mm de longueur dont 120 mm entre le bout de la patte et la première liaison pivot. Ils ont une épaisseur de 6cm et seront creuse pour être le plus léger possible.

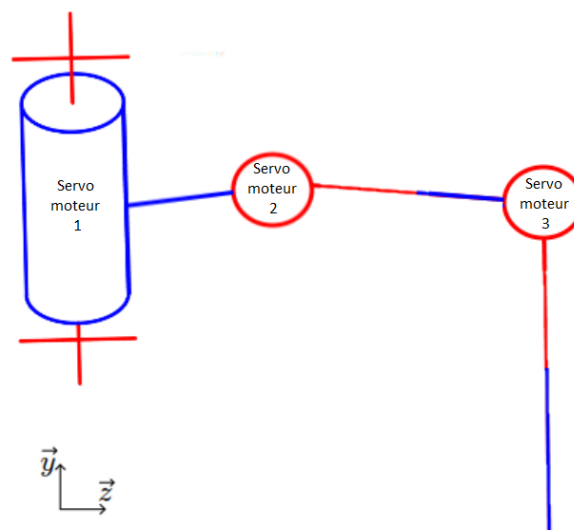


Figure 2 : Représentation des liaisons d'une patte

La base sera là où tous les composants tels que la carte Nvidia, les batteries, capteurs de distances seront présents.

Les pattes seront modélisées en 3D grâce au logiciel Fusion 360 puis imprimées à l'aide d'une imprimante 3D en PETG. Le filament PETG a une bonne résistance mécanique (supportant le poids de la boîte) et thermique (supportant la chaleur des servomoteurs) tout en n'étant pas très cher.

La boîte sera aussi modélisée en 3D grâce au logiciel Fusion 360 mais sera faite en PLA.

Nous avons choisi de réaliser un robot hexapode et non quadrupède car nous voulons qu'il réussisse à monter les escaliers. Or c'est beaucoup plus difficile de le faire avec quatre pattes. De plus, nous trouvons qu'esthétiquement, un robot hexapode est plus joli.

2. Déplacement :

Des études ont été réalisées pour déterminer quel était le mode de déplacement de robot hexapode le plus rapide et stable.

Beaucoup d'insectes se déplacent dans la nature avec 6 pattes. En utilisant le principe du biomimétisme, des chercheurs se sont renseignés sur leur mode de déplacement.

Tous les insectes hexapodes dans la nature se déplacent selon une marche à trois pattes, avec deux points d'appui d'un côté et un point d'appui de l'autre. C'est donc un déplacement en trépied qui implique un triple contact avec le sol.

Cependant, des ingénieurs de l'EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) ont démontré que pour le déplacement en 2D de robot hexapode ce n'était pas la méthode la plus efficace.

La méthode la plus efficace à ce jour est de trouver pour un déplacement hexapode et la marche en bipied, ce qui veut dire avoir seulement deux pattes en contact avec le sol lors de sa marche.

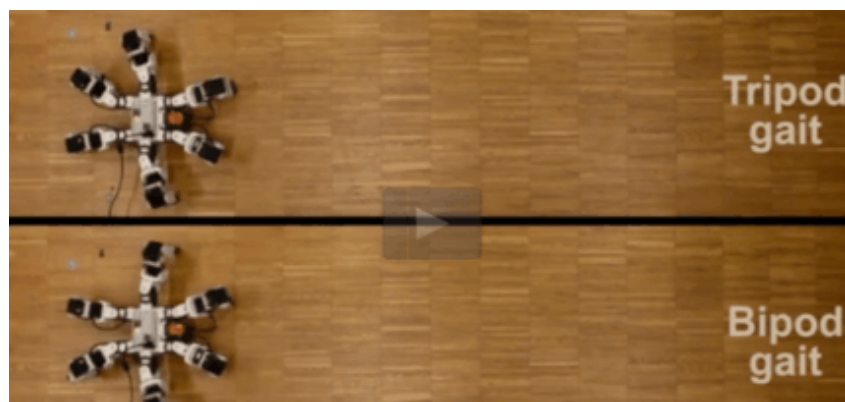


Figure 3: Images de l'EPFL

Le modèle trépied des insectes reste le plus efficace quand on prend en compte un déplacement en 3D et l'adhésivité des pattes des insectes qui ne sont pas présentes pour un robot. Cependant, le trépied est plus simple à faire marcher et comporte moins de problèmes de stabilité. Nous ferons donc déplacer notre robot en trépied.

De plus, le robot avancera toujours du même côté. Ce sera de ce côté que les capteurs de distance seront positionnés.

De ce fait, le robot sera capable de se tourner sur lui-même pour changer de direction après la détection d'un obstacle.

Le robot aura également la possibilité de pouvoir reculer en changeant le sens de marche des moteurs.

Pour ne pas que le robot glisse, au bout des pattes, nous ajouterons des patins anti-dérapants.

3. Servomoteurs :

Pour chaque patte, nous utiliserons 3 servomoteurs **td-8135 mg** ci-dessous, soit 18 servomoteurs en tout.



Figure 4 : *td-8135 mg*

Nous avons réfléchi à utiliser 12 servomoteurs **SG90** et 6 **MG995**, pour réduire le plus possible le poids. Mais les **sg90** ont un couple 10 fois moins important que les **mg995** et rendent les déplacements du robot extrêmement saccadés.

Nous avons ensuite décidé d'utiliser 18 servomoteurs **MG995** mais on nous a conseillé les **td-8135 mg** qui ont un meilleur couple moteur. On surdimensionne un peu pour que les servo-moteurs puissent bien fonctionner. De plus, lorsque l'araignée montera les escaliers, les servos de derrière devront soutenir plus de poids. Il vaut donc mieux surdimensionner les servos.

Pour pouvoir contrôler les 18 servomoteurs, comme l'Arduino et la Nvidia n'ont pas assez de pins, nous utilisons une **ssc 32 servo controller usb** qui permet de contrôler jusqu'à 32 pins.

4. Capteur de distance :

Nous voulons réaliser un robot qui permet de monter et descendre les escaliers et donc également de ne pas tomber dans le vide.

Pour réaliser un robot avec le moins de risque de se prendre des obstacles, nous utilisons un capteur de distance et un capteur de proximité (détecte s'il y a un objet mais pas forcément sa distance) :

- **Un HC-SR04** : C'est un capteur de distance à ultrason qui a une capacité de détection de 2cm à 4m environ

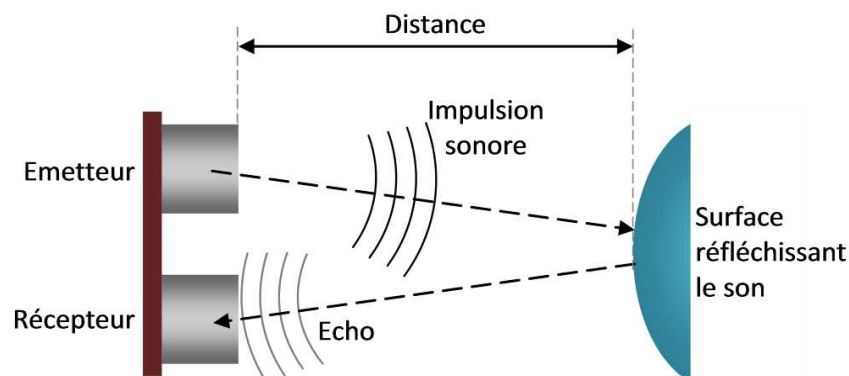


Figure 5 : Schéma explicatif d'un capteur de distance

Points négatifs : Le capteur est sensible aux autres appareils utilisant la même fréquence. Il n'est pas capable de détecter des structures complexes et a une faible fréquence de lecture.

Points positifs : Le capteur permet de détecter des objets difficilement détectables tels que des objets transparents. Il fonctionne avec très peu de luminosité.

- **Un FC51** : C'est un capteur infrarouge de proximité. Il y a un émetteur et un récepteur. Suivant la distance de l'obstacle, le récepteur reçoit plus ou moins de lumière infrarouge réfléchi. Sa distance de détection est faible elle est de 2 à 30 cm.

Points négatifs : Le capteur est très sensible à la luminosité ambiante ainsi qu'au coefficient de réflexion lumineuse de la surface ; a une faible portée ; ne mesure pas la distance, en effet il fonctionne de façon binaire (s'il détecte un obstacle ou non renvoie 0 ou 1).

Points positifs : le capteur a une bonne directivité ; il est petit ; ne consomme pas beaucoup ; permet de voir des objets aux formes complexes.

Nous utilisons le capteur à ultrason pour détecter les obstacles à longue distance et nous utilisons le capteur de proximité pour une deuxième vérification, permettant de détecter par exemple les formes complexes.

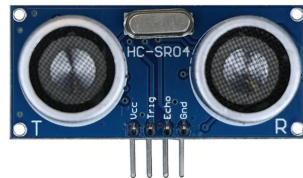


Figure 6 : HC-SR04

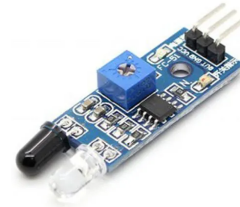


Figure 7 : FC51

Il existe trois autres types de capteur de distance :

- Les capteurs à infrarouge marchent de la même manière que les capteurs de proximité infrarouge expliqués ci-dessus, sauf qu'ils renvoient la distance, sont plus gros et consomment plus que le **FC51**.
- Les capteurs LIDAR (Laser Capteur de Distance) qui coûtent généralement chers, ont une très grande portée, permettent une compatibilité avec l'imagerie 3D, voient les objets complexes. Avoir un tel capteur n'est pas nécessaire pour l'hexapode.
- Les capteurs LED à temps de vol (utilisés et expliqués pour les robots en essaim ci-dessous).

Sur les deux pattes avant, il y aura un capteur de distance **VL53L0X** qui permet de ne pas tomber dans le vide ou bien de déterminer la hauteur des marches pour pouvoir les descendre.

5. Monter les escaliers :

Pour pouvoir monter les escaliers, il faut que l'hexapode ait un minimum de hauteur entre le bout des pattes et le bas de son corps d'au moins 20 centimètres. En effet, les marches d'escalier standardisées font entre 16 et 20 cm de hauteur. De plus, sa longueur ne doit pas être supérieure à 24 centimètres car une marche mesure entre 24 et 30 centimètres de longueur.

L'araignée possède un capteur d'inclinaison pour se remettre droite lorsqu'elle est trop inclinée. Pour cela, nous utilisons un capteur **MPU6050**.

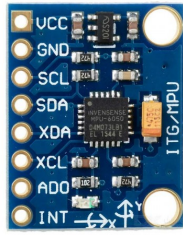


Figure 7: MPU6050

C'est une centrale inertielle qui permet de mesurer l'évolution d'un objet dans l'espace. Cela permet de mesurer les accélérations linéaires et angulaires dans les trois axes de l'espace. Ce capteur est également utile pour le déplacement de l'araignée dans un monde 2D. Il permet de vérifier si elle n'a pas reçu de choc ou si elle n'est pas tombée.

Pour pouvoir différencier un mur d'un escalier, le robot araignée doit se rapprocher du mur puis se mettre en position haute (mettre le plus possible les pattes à la verticale perpendiculaire au sol) et si la distance augmente d'environ 24 centimètres, alors cela signifie que c'est un escalier.

6. Communication :

Nous avons trouvé deux modules que l'on peut utiliser pour pouvoir communiquer entre l'araignée et l'essaim (4 robots) : **nRF24L01** et **HC-12**.

Les deux modules sont basés sur le principe de fréquences radio et ont plusieurs canaux de communication. Ils peuvent fonctionner en émission et en réception.

Le premier module **nRF24L01** a des meilleures performances et des meilleurs temps de réponse que le **HC-12**, cependant il est connecté à 8 pins contre 4 pour le **HC-12** qui possède une plus petite portée. De plus, il est beaucoup plus difficile à prendre en main que ce soit au niveau du branchement, du code ou du fonctionnement.

Nous allons donc partir sur le module **HC-12** pour sa simplicité, sa portée et le fait que nous n'avons pas besoin d'un temps de réponse important.

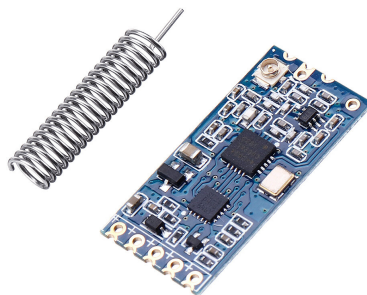


Figure 8 : Module HC-12

Le **HC-12** possède environ 100 canaux et peut communiquer jusqu'à 1 km en terrain dégagé avec une fréquence de 433.4MHz - 470MHz. Il envoie les données toutes les 200 ms environ.

7. Alimentation :

Nous avons deux choix :

- Lipo 2s : ses piles sont dangereuses et peuvent plus facilement exploser.
- 2 batteries li-ion 18650 7.2V 2A.

On part donc sur les deux li-ion.

8. Fonctionnalité en plus :

L'araignée pourra potentiellement être contrôlable par manette. Pour cela, il faudra créer une manette avec une arduino, un module de communication, un bouton poussoir et un joystick.

9. Problèmes à prévoir

Réussir lors de l'assemblage à bien cacher et organiser tous les fils des servomoteurs.

Les servomoteurs peuvent ne pas avoir le même angle de fonctionnement. Il faudra réussir à calibrer les 18 servomoteurs chacun indépendamment des autres et à les coordonner pour que l'hexapode puisse avancer droit.

Chapitre II : Robot en essaim

1. Forme globale :

La base des 4 robots en essaim seront des cubes de dimension 60x60x60 mm. Les cubes seront en bois et fabriqués grâce à la découpe laser. Les robots rouleront sur 4 roues et seront chacun équipés d'une pince pour attraper des objets.

Chaque robot est contrôlé par une carte Arduino Mini qui reçoit des informations de la carte Nvidia du robot mère.

2. Déplacement :

Les robots doivent avoir une vitesse d'environ 0.2 m/s. Ils pourront avancer "tout droit", reculer et tourner à gauche et à droite.

Les robots seront équipés de 4 roues de 40 mm de diamètre chacune.

3. Moteurs :

Nous avons plusieurs options : soit utiliser un motoréducteur avec deux axes et lier les roues deux à deux, soit utiliser 4 motoréducteurs c'est-à-dire 1 pour chaque roue ou soit utiliser 4 servomoteurs à rotation continue.

Pour pouvoir tourner, dans la première option il faudrait équiper les robots d'un servomoteur (**MG995** ou **SG90**) sur la partie avant, tandis que dans les deuxième et troisième options il suffirait de baisser la vitesse de rotation d'une des roues

Dans tous les cas, il faut que les moteurs choisis soient suffisamment petits et aient une vitesse de 48 tours/min en sortie pour atteindre 0.2 m/s.

Nous avons choisi la troisième option. Les robots étant assez petits, les motoréducteurs auraient besoin des cartes **L298** en plus pour pouvoir fonctionner, ce qui prendrait beaucoup de place en particulier dans la deuxième option. En utilisant les servomoteurs, nous pouvons les brancher directement sur la carte Arduino.

Les servomoteurs utilisés sont les **MG995** à rotation continue

Il faudra fabriquer les axes pour relier les servomoteurs aux roues.



Figure 9 : MG995 RC

4. Reconnaissance d'objets :

Les objets auront une forme simple et fixe avec des couleurs différentes, par exemple un cylindre ou un cube.

Pour pouvoir les identifier, le robot mère hexapode enverra aux 4 robots la couleur de l'objet qu'ils doivent récupérer. Avec ces informations, les 4 robots utilisent un module de détection de couleurs pour pouvoir identifier l'objet. De plus, pour vérifier que l'objet à récupérer est bien le bon, ils auront un capteur de distance. Grâce à la distance entre le robot et l'objet, on convertira la taille de l'objet de pixels en largeur réelle de l'objet.

En prenant une marge d'erreur, cela permettrait de vérifier si la longueur de l'objet correspond bien à l'objet recherché et également déterminer le sens de l'objet. Si l'objet est positionné de côté, le robot devra tourner autour jusqu'à être du bon côté pour que la pince puisse récupérer l'objet.

Nous utiliserons un **TCS34725** pour le capteur de couleur. Celui-ci, d'après ses caractéristiques, peut également éclairer l'objet.

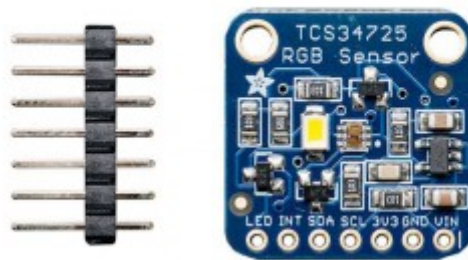


Figure 10 : TCS34725

5. Recherche de l'objet :

Chaque robot aura un objet précis à récupérer parmi tous les objets.

6. Récupérer l'objet :

Lorsque l'objet sera identifié, il faut que le robot puisse le transporter.
Pour se faire, les 4 robots possèdent une pince adaptée pour récupérer l'objet fixe.
L'objet à récupérer pourra être positionné de deux façons différentes : à la verticale ou à l'horizontale. En prenant compte le fait que l'objet possède un axe de symétrie, le sens dont il est positionné à la verticale et à l'horizontale n'a pas d'importance.



Figure 11 : Pince

7. Rapporter les objets :

Lorsqu'un robot a attrapé un objet dans sa pince, il doit rapporter cet objet jusqu'au robot araignée hexapode.

Il faudra sans doute prévoir le cas où l'objet tombe de la pince du robot.

8. Capteur de distance :

Nous utiliserons deux mêmes capteurs de distance : un à l'avant et un à l'arrière pour que le robot puisse quand même éviter les obstacles même s'il transporte l'objet avec sa pince.

Nous avons choisi d'utiliser un **VL53L0X** ci-dessous :

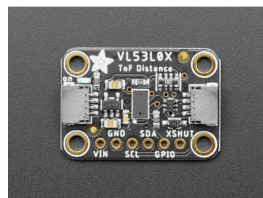


Figure 11 : Module VL53L0X

Ce capteur marche grâce à une LED et selon le principe du temps de vol. Cela correspond au temps que met le laser à rebondir sur un objet et à revenir vers le récepteur.

Ce capteur a pour avantage d'être extrêmement compact et donc de ne pas prendre beaucoup de place sur les petits robots qui visent à être le plus réduit possible. De plus, il permet une imagerie 3D. Il permet de voir les objets complexes.

9. Communication :

Les petits robots communiqueront avec le robot araignée grâce au même module **HC-12** expliqué dans la partie robot hexapode.

Le robot hexapode pourra utiliser les différents canaux pour discuter précisément avec l'un des robots de l'essaim.

10. Alimentation

Il faudra alimenter les 4 servomoteurs, la pince et les modules.

Deux blocs à piles de 6V devraient suffire à alimenter un petit robot.

11. Robots supplémentaires :

Nous construirons un nombre plus élevé de robots si le temps nous le permet. Ils seront identiques afin de créer un essaim plus imposant.

Liste des composants

- 10 x VL53L0X (2 pour les 4 robots):

https://fr.aliexpress.com/item/32738458924.html?_randl_currency=EUR&_randl_ship to=FR&src=google&aff_fcid=467d6b519a5546c08354f50da927ab27-1664799709639-07196-UneMJZVf&aff_fsk=UneMJZVf&aff_platform=aaf&sk=UneMJZVf&aff_trace key=467d6b519a5546c08354f50da927ab27-1664799709639-07196-UneMJZVf&terminal_id=e5d7c1d61ee14b71a9aa053edee43eb1&afSmartRedirect=y

- 5 x HC-12

- ssc 32 servo controller usb

- FC-51 IR sensor

- HC-SR04

- MPU6050 :

https://fr.aliexpress.com/item/714775852.html?_randl_currency=EUR&_randl_shipto=FR&src=google&aff_fcid=5f79a4e0030d4e6aaadd11b27c05e91e-1665234094532-01075-UneMJZVf&aff_fsk=UneMJZVf&aff_platform=aaf&sk=UneMJZVf&aff_trace key=5f79a4e0030d4e6aaadd11b27c05e91e-1665234094532-01075-UneMJZVf&terminal_id=e5d7c1d61ee14b71a9aa053edee43eb1&afSmartRedirect=y

- 2s li-ion 7.2V 2A : <https://fr.aliexpress.com/i/32832619525.html>

- 18 x TD8135MG

- 16 x MG995 à rotation continue

- 4 x carte arduino mini

- 4 x TCS34725 : <https://www.adafruit.com/product/1334>

- 8 blocs à piles :

https://www.amazon.fr/DollaTek-Batterie-Holder-Wired-Cover/dp/B07DJ4S46F/ref=sr_1_7?__mk_fr_FR=ÅMÅŽŮÑ&crid=1D93ZIH6FTDHU&keywords=bloc+pile&qid=1665225086&qu=eyJxc2MiOiJlLjI3IiwicXNhIjoieMi41NyIsInFzcCI6IjEuNDYifQ%3D%3D&srefix=bloc+pile+%2Caps%2C89&sr=8-7

Planning

Voici le planning prévisionnel pour le projet pour environ 30h :

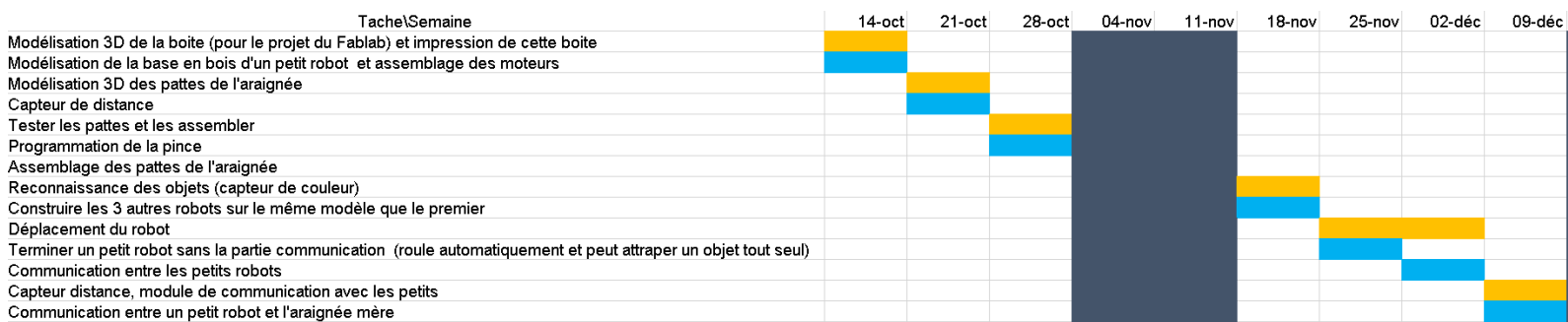


Figure 12 : Diagramme de Gantt

Conclusion

Après avoir fait des recherches sur les solutions techniques que nous allons utiliser, nous pouvons les récapituler dans le tableau suivant :

Composant \ Information	Référence des composants de l'hexapode	Nombre de composants	Masse des composants de l'hexapode (g)
Microcontrôleur	Nvidia JN30D-Nano	1	77
	Arduino Uno	1	15
ServoMoteur	TD-8135 mg	18	18 x 56
Contrôleur de servomoteurs	SSC 32servo controller USB	1	27
Capteur de distance	HC-SR04	1	8,5
	FC51	1	10
Module de communication	HC-12	1	2
Alimentation	Lion 18650	2	2 x 113
Capteur de distance	VL53L0X	2	2 x 1,3
Accéléromètre et gyroscope	MPU 6050	1	2,1
Total			1378,2
	Référence des composants d'un petit robot	Nombre de composants	Masse des composants d'un petit robot (g)
Microcontrôleur	Arduino mini	1	5
ServoMoteur	MG995 à rotation continue	4	4 x 55
Roue	40 cm	4	4 x 2,5
Capteur de distance	VL53L0X	1	2 x 1,3
Capteur de couleur	TCS34725	1	3,23
Module de communication	HC-12	1	2
Alimentation	DollaTek 4 x AA 6V	2	2 x 71
	Pile 1,5V	12	12 x 22
Total			648,83

Figure 13 : Tableau récapitulatif des solutions techniques choisies

Ces solutions seront les lignes directives du projet. Néanmoins, il est possible que certaines ne fonctionneront pas.

Bibliographie

Araignée :

Capteur de distance :

<https://www.seeedstudio.com/blog/2019/12/23/distance-sensors-types-and-selection-guide/>

Alimentation :

<https://support.thewarmingstore.com/support/solutions/articles/5000696310-7v-battery-instructions#:~:text=All%20garments%20that%20come%20with,Total%20battery%20weight%3A%204%20ounces.>

Accéléromètre :

<https://www.aranacorp.com/fr/utilisation-dun-module-mpu6050-avec-arduino/>

Araignée sur 4 pattes:

<https://create.arduino.cc/projecthub/diyguyChris/arduino-spider-robot-quadruped-57b832>

<https://www.pinterest.fr/pin/how-to-make-a-spider-robot-youtube--794392821749404963/>

Essaim :

Capteur de distance :

<https://letmeknow.fr/fr/mouvements-et-positions/1323-capteur-de-distance-vl53l0x-tof-791954231335.html>

Capteur de couleurs :

<https://peppe8o.com/color-sensor-with-arduino-uno-tcs34725-explanation-wiring-and-code/>

<https://electropeak.com/learn/interfacing-tcs34725-color-sensor-with-arduino/>

Robot avec une pince :

<https://www.tubefr.com/construire-un-robot-pince-arduino-avec-un-dynamixshield.html>