

CONCEPTION D'UN ROBOT POISSON BIO-INSPIRÉ

Tuteur : *M. Cédric ANTHIERENS*

Laboratoire : *COSMER*

*Jack MEZLEF L2SI
2024/2025*

Table des matières

Objectif :

- Concevoir un robot capable d'évoluer dans l'eau en imitant la nage naturelle d'un poisson

Axes étudiés :

- Introduction
- Pourquoi concevoir un robot poisson bio-inspiré
- Comment a-t-il été conçu par des moyens simples
- Quelles sont améliorations possibles
- Conclusion

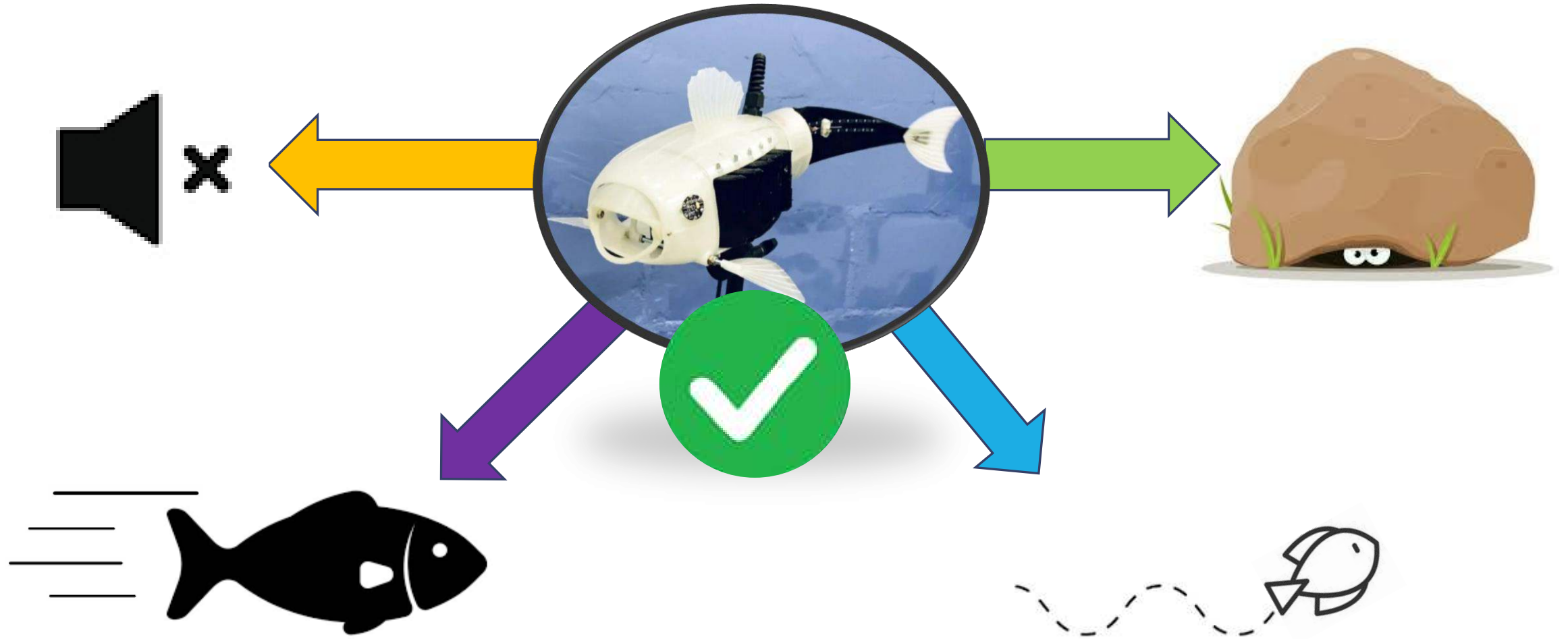
Outils:

- Fusion 360
- Arduino IDE

Pourquoi un robot bio-inspiré ?



Pourquoi un robot bio-inspiré ?



Un exemple : le robot SoFi

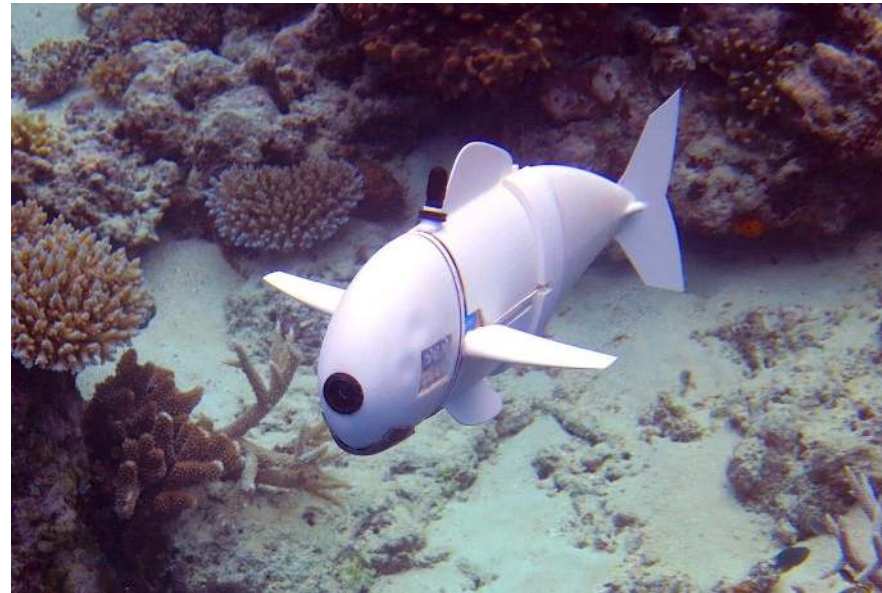
« *Soft Robotic Fish* »



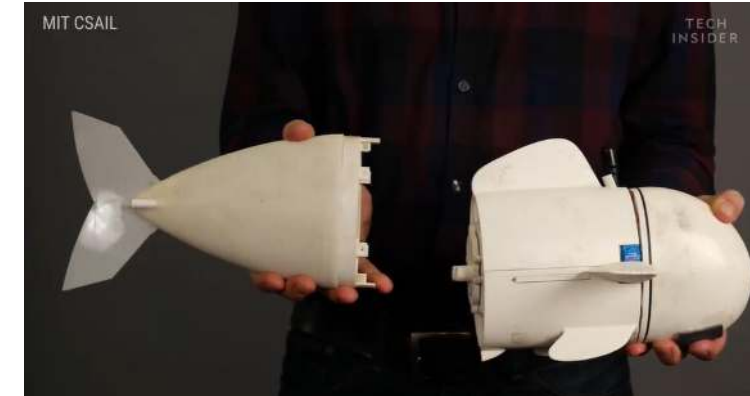
Le circuit électrique



Une queue souple



Robot SoFi en immersion



Assemblage du robot



La pompe hydraulique

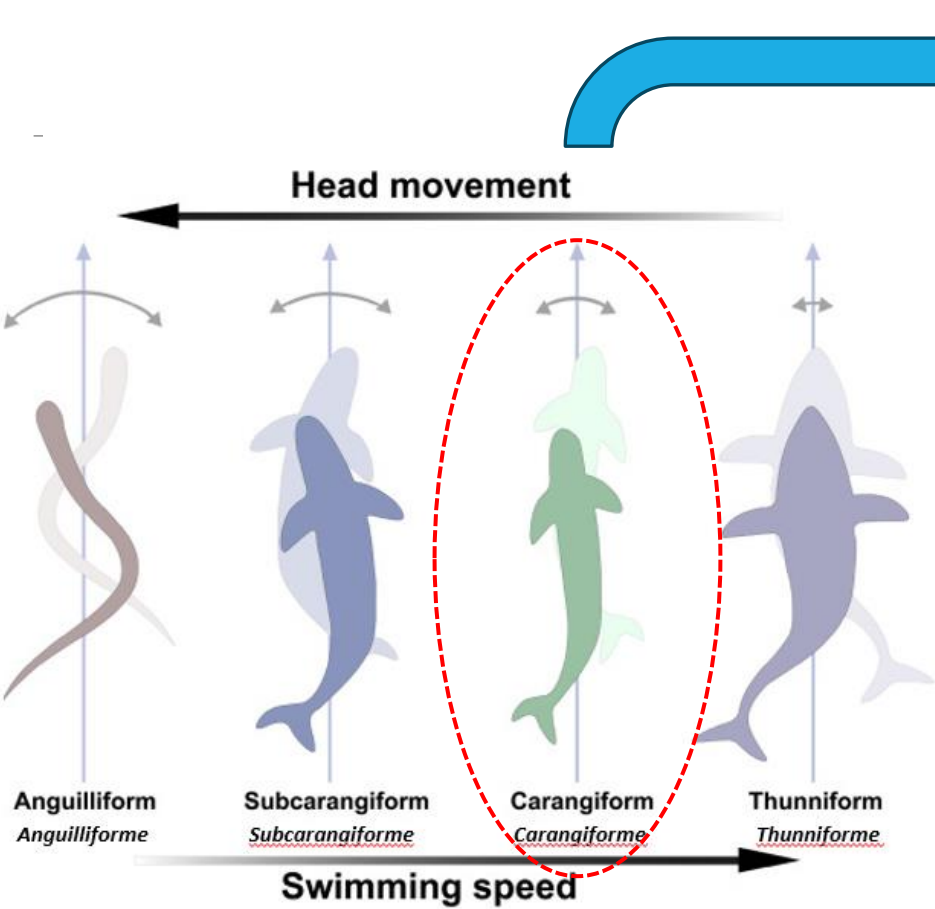
Budget

- Budget maximum prévisionnel : **200 €**
- Coût réel : **196 €**



Composants	Prix
Arduino Nano	25€
Servomoteur SG90	3€
Batterie LiPo	24€
Chargeur de Batterie	17€
Convertisseur de Batterie	13€
Matériaux d'impression 3D (PLA/TPU)	53€
Tige métallique de 3 mm	9€
Fils électriques	8€
Capteur de température étanche (DS18B20)	6€
Capteur de distance à ultrasons étanche (HC-SR04)	4€
Module Bluetooth (HC-05)	8€
Mini interrupteur à bascule étanche (IP65)	6€
Joints Toriques en silicone	10€
Colle époxy : Colle résistante à l'eau	10€
Total	196€

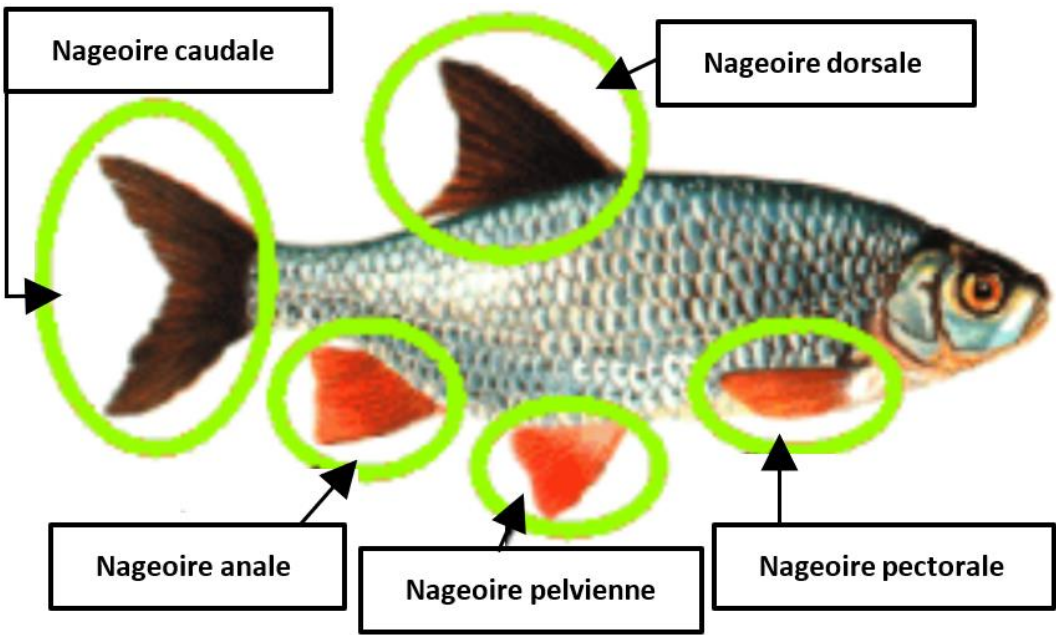
Le type de déplacement choisi : La nage Carangiforme



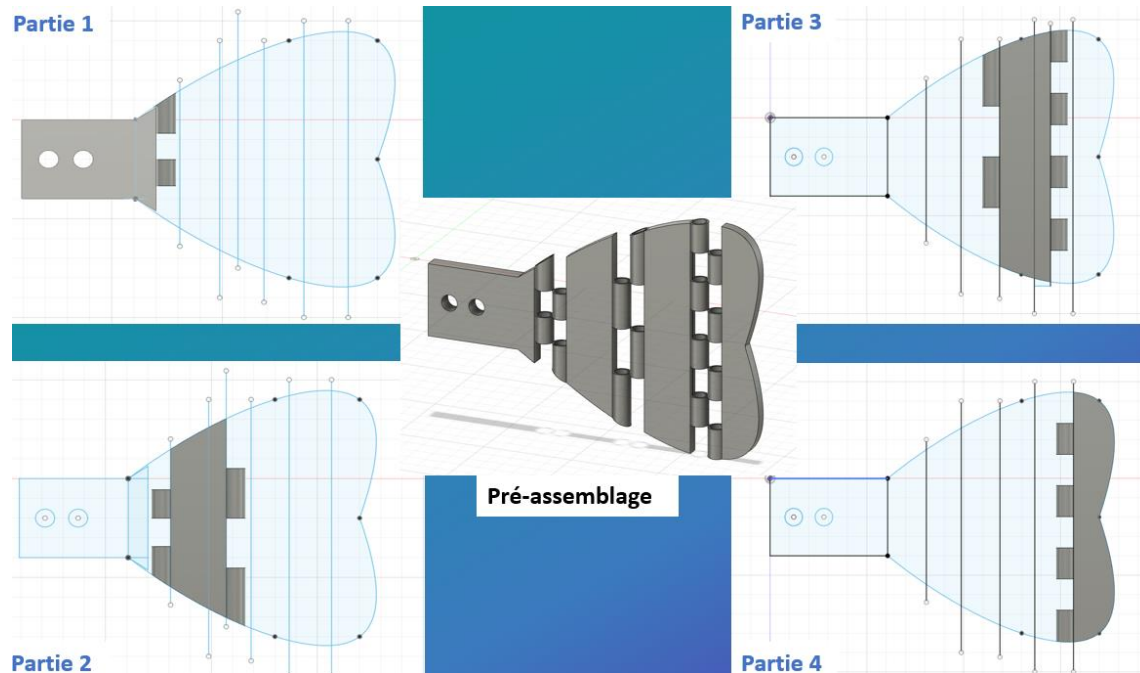
Types de Nages



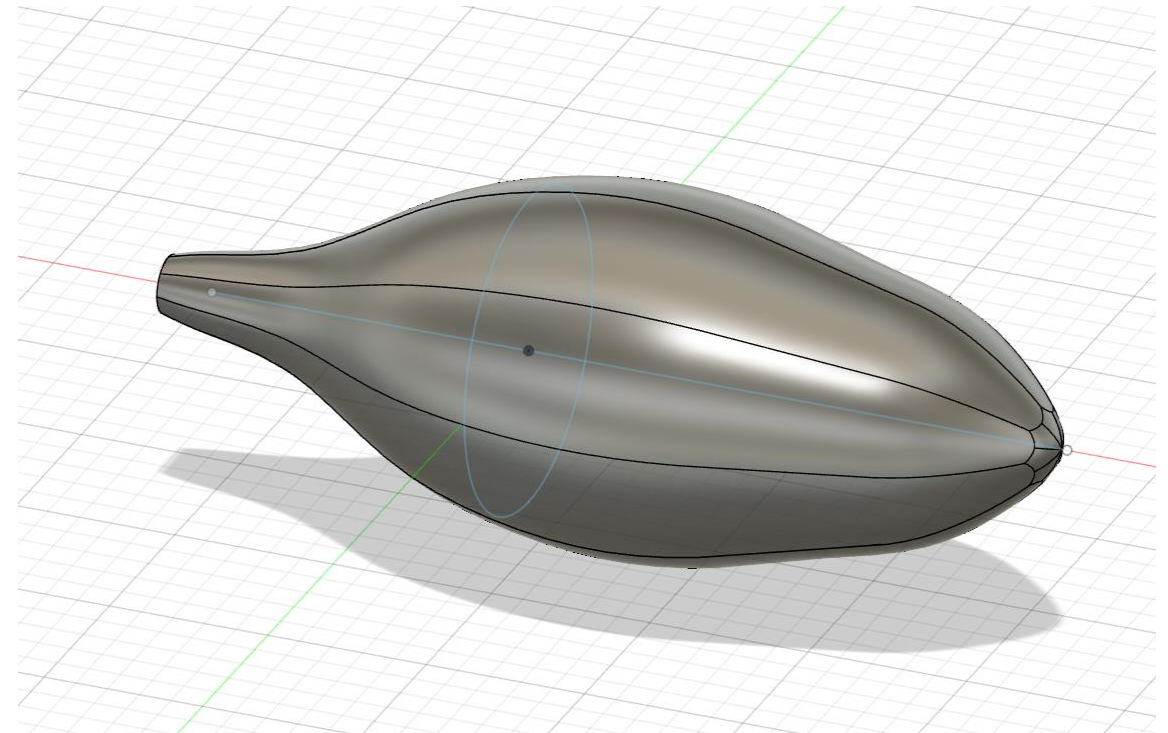
Types de Nageoires



➤ La nageoire caudale

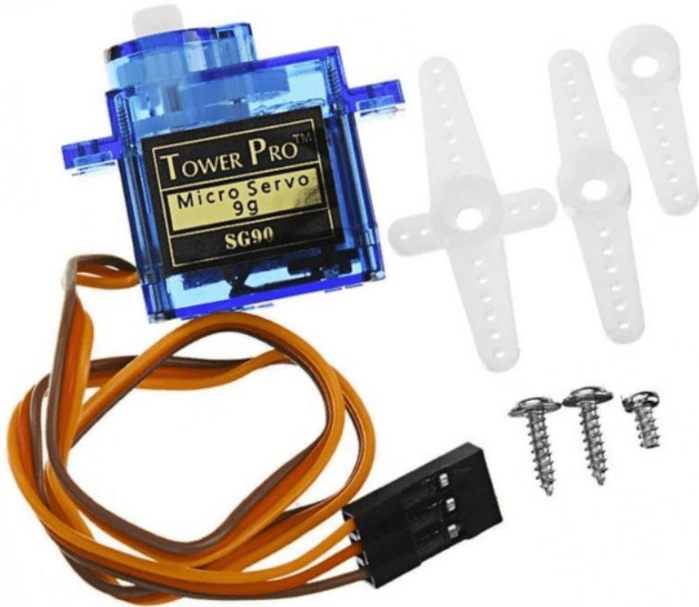


➤ Le corps rigide





➤ Le Servomoteur SG90

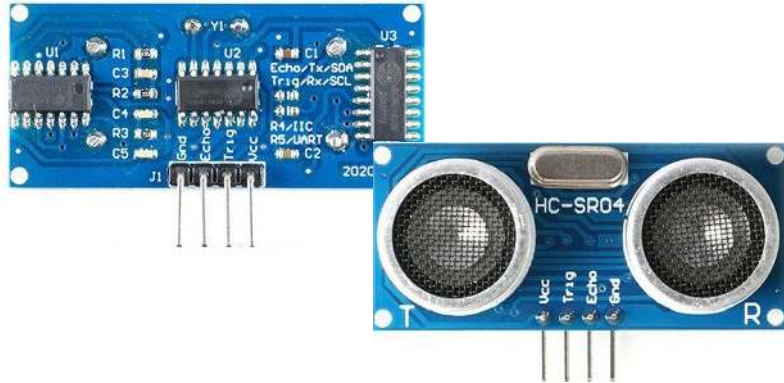


Code

```
1  int servoPin = 9;
2  int angleGauche = 60;
3  int angleDroite = 120;
4
5  void setup() {
6      pinMode(servoPin, OUTPUT);
7  }
8
9  void loop() {
10     envoyerSignalServo(angleGauche);
11     delay(300);
12
13     envoyerSignalServo(angleDroite);
14     delay(300);
15 }
16
17 void envoyerSignalServo(int angle) {
18     int impulsions = map(angle, 0, 180, 544, 2400);
19
20     for (int i = 0; i < 50; i++) {
21         digitalWrite(servoPin, HIGH);
22         delayMicroseconds(impulsions);
23         digitalWrite(servoPin, LOW);
24         delayMicroseconds(20000 - impulsions);
25     }
26 }
```



➤ Capteur de distance à ultrasons étanche (HC-SR04)



Code

```
CodeCapteurs.ino
1  #include <OneWire.h>
2  #include <DallasTemperature.h>
3
4  int servoPin = 9;
5  const int trigPin = 10;
6  const int echoPin = 11;
7  #define ONE_WIRE_BUS 2
8
9  OneWire oneWire(2);
10 DallasTemperature sensors(&oneWire);
11
12 int angleGauche = 60;
13 int angleDroite = 120;
14 int vitesse = 50;
15 bool nage = true;
16 int seuilDistance = 20;
17
18 void setup() {
19   pinMode(9, OUTPUT);
20   pinMode(10, OUTPUT);
21   pinMode(11, INPUT);
22   Serial.begin(9600);
23   sensors.begin();
24 }
25
26 void loop() {
27   float temperature = lireTemperature();
28   int distance = lireDistance();
29
30   Serial.print("Température : ");
31   Serial.print(temperature);
32   Serial.println(" °C");
33
34   Serial.print("Distance : ");
35   Serial.print(distance);
36   Serial.println(" cm");
37
38   if (distance < seuilDistance) {
39     nage = false;
40     Serial.println("Obstacle détecté, arrêt du robot.");
41   } else {
42     nage = true;
43   }
44 }
45
46 if (nage) {
47   for (int i = 0; i < vitesse; i++) {
48     envoyerSignalServo(angleGauche);
49     delay(300);
50     envoyerSignalServo(angleDroite);
51     delay(300);
52   }
53 } else {
54   delay(1000);
55 }
56
57 void envoyerSignalServo(int angle) {
58   int impulsion = map(angle, 0, 180, 544, 2400);
59   for (int i = 0; i < 50; i++) {
60     digitalWrite(9, HIGH);
61     delayMicroseconds(impulsion);
62     digitalWrite(9, LOW);
63     delayMicroseconds(20000 - impulsion);
64   }
65 }
66
67 float lireTemperature() {
68   sensors.requestTemperatures();
69   return sensors.getTempCByIndex(0);
70 }
71
72 int lireDistance() {
73   digitalWrite(10, LOW);
74   delayMicroseconds(2);
75   digitalWrite(10, HIGH);
76   delayMicroseconds(10);
77   digitalWrite(10, LOW);
78
79   long duree = pulseIn(11, HIGH);
80   int distance = duree * 0.034 / 2;
81   return distance;
82 }
83 }
```

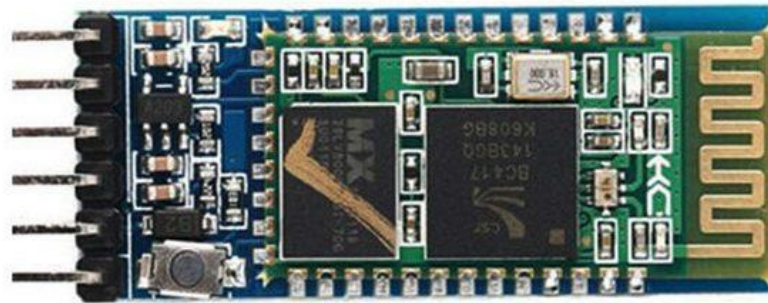
➤ Capteur de température étanche (DS18B20)



Code



➤ Module Bluetooth (HC-05)



Code

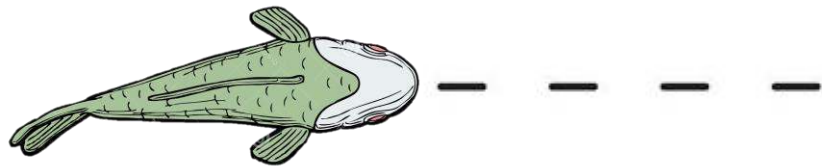
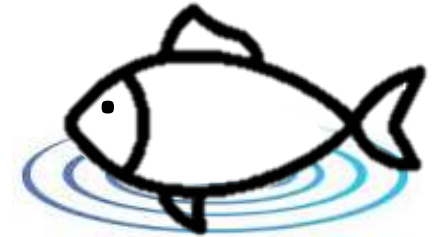
```
1  int servoPin = 9;
2  int angleGauche = 60;
3  int angleDroite = 120;
4  int vitesse = 50;
5  bool nage = false;
6
7  void setup() {
8      pinMode(9, OUTPUT);
9      Serial.begin(9600);
10 }
11
12 void loop() {
13     if (Serial.available()) {
14         char commande = Serial.read();
15
16         if (commande == 'G') {
17             nage = true;
18         } else if (commande == 'S') {
19             nage = false;
20         } else if (commande == 'U') {
21             vitesse += 10;
22             if (vitesse > 100) vitesse = 100;
23         } else if (commande == 'D') {
24             vitesse -= 10;
25             if (vitesse < 10) vitesse = 10;
26         }
27     }
28     if (nage) {
29         for (int i = 0; i < vitesse; i++) {
30             envoyerSignalServo(angleGauche);
31             delay(300);
32             envoyerSignalServo(angleDroite);
33             delay(300);
34         }
35     }
36 }
37 void envoyerSignalServo(int angle) {
38     int impulsion = map(angle, 0, 180, 544, 2400);
39
40     for (int i = 0; i < 50; i++) {
41         digitalWrite(servoPin, HIGH);
42         delayMicroseconds(impulsion);
43         digitalWrite(servoPin, LOW);
44         delayMicroseconds(20000 - impulsion);
45     }
46 }
```

Tests envisagés



**Test
d'étanchéité**

**Test de
flottabilité**



Test de nage



Test des Capteurs



**Test du Module
Bluetooth**

Calculs des performances

- **La Force de poussée dans l'eau (formule simplifiée)**

$$F_p \propto C \times \rho \times S \times A^2 \times f^2$$

Données:

- $C = 1$ (dépend du type de nageoire)
- $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ (dans l'eau douce)
- $S = \text{longueur} \times \text{largeur} = 0.07 \times 0.08 = 0.0056 \text{ m}^2$
- $A = \text{Longueur de la nageoire} \times \Delta\theta = 0.07 \times (120^\circ - 60^\circ) = 0.07 \times \pi/3 = 0.0733 \text{ m}$
- $f = 1/(\text{battement aller-retour}) = 1/(300 \text{ ms} + 300 \text{ ms}) = 1/0.6 = 1.67 \text{ Hz}$

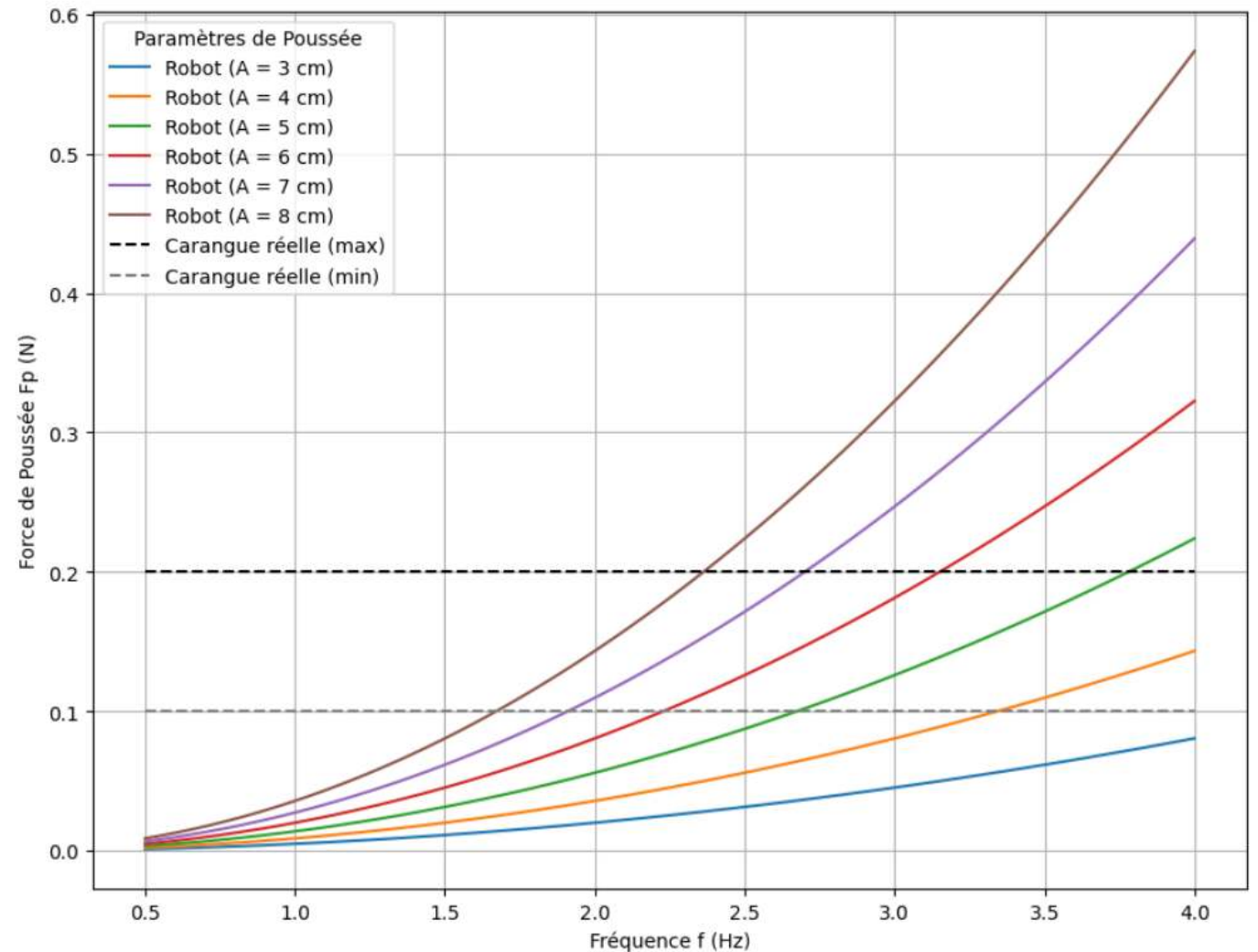
- **La Force de poussée dans l'eau (formule simplifiée)**

$$F_p \propto C \times \rho \times S \times A^2 \times f^2$$

Application numérique :

► $F_p \propto 1 \times 1000 \times 0,0056 \times 0,0733^2 \times 1,67^2$

► $F_p \propto \mathbf{0,083\ N}$



Graphique de la Force de poussée dans l'eau en fonction de l'amplitude et de la fréquence

• La vitesse de nage

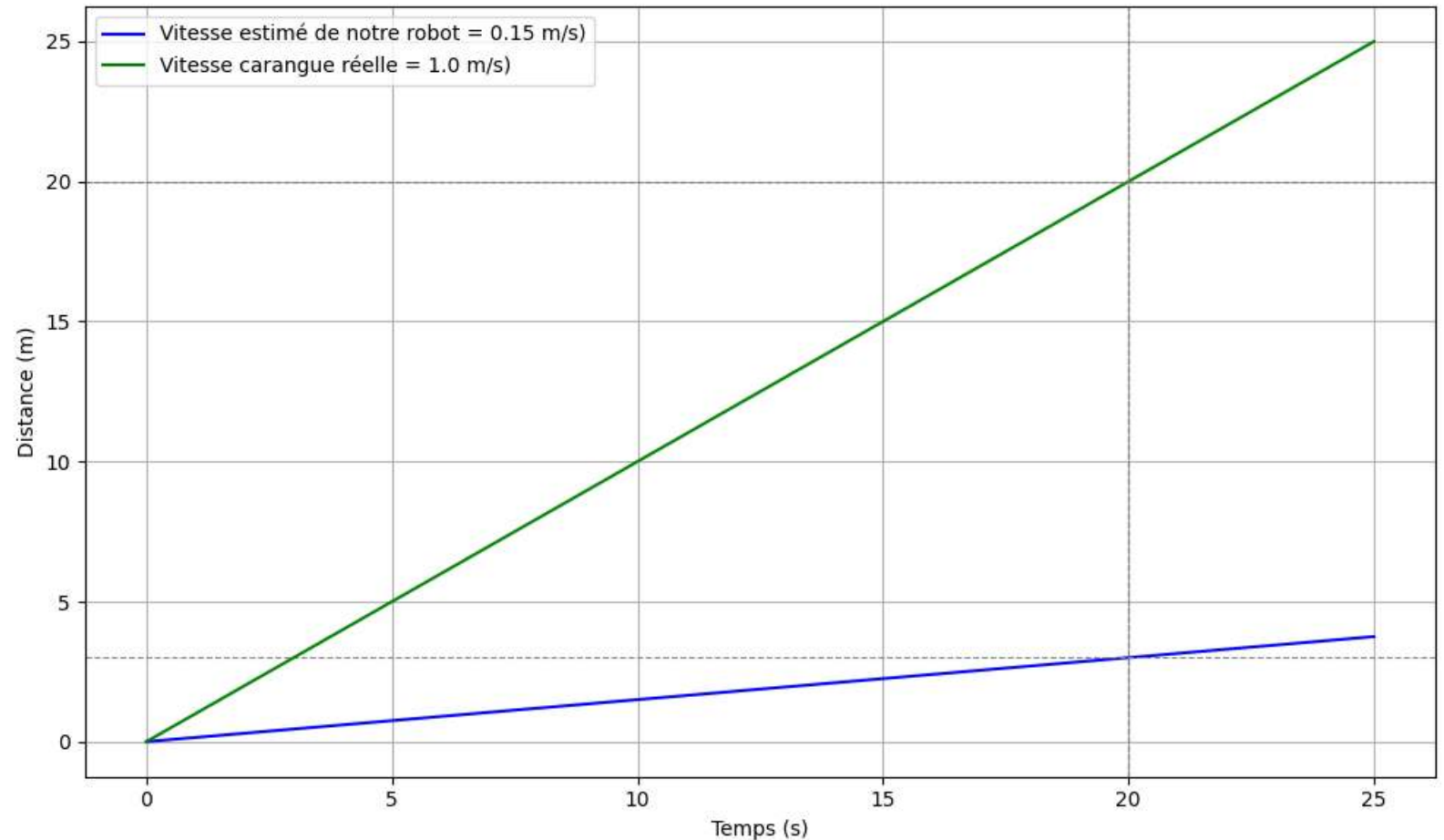
$$v = \frac{\text{distance}}{\text{temps}}$$

Application numérique :

– Distance estimée = **3 m**

– Temps estimé = **20 s**

$$\blacktriangleright v = \frac{3}{20} = \mathbf{0,15\ m/s}$$



***Graphique de la vitesse de nage en fonction
de la distance et du temps***

Consommation

Composants	Consommation électrique
Arduino Nano	≈ 50 mA
Servomoteur SG90	≈ 600 mA
Capteur de température	≈ 2 mA
Capteur de distance	≈ 15 mA
Module Bluetooth	≈ 40 mA
Total	≈ 707 mA

Autonomie

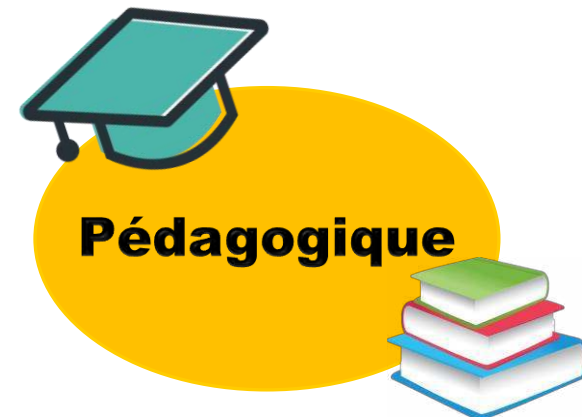
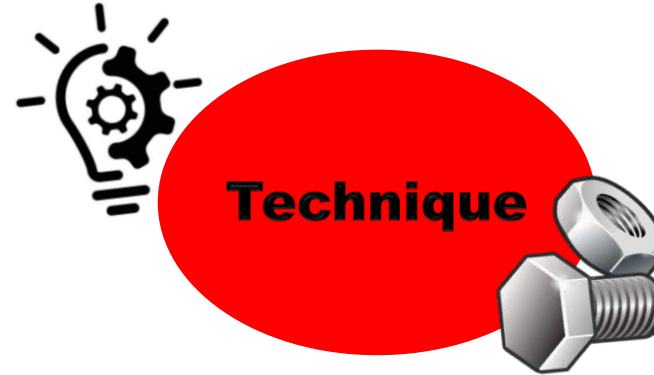
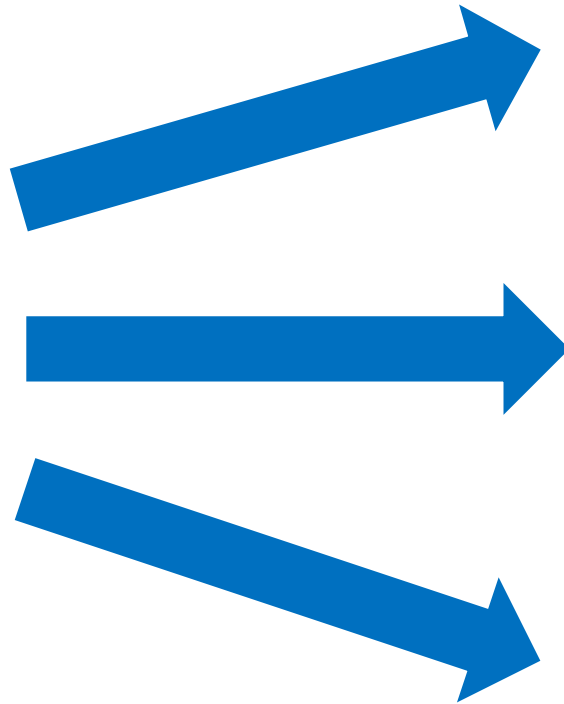
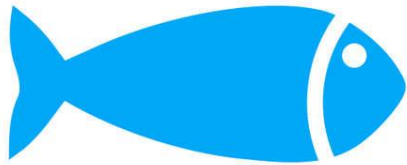
$$Autonomie = \frac{\text{Capacité de la batterie (en mAh)}}{\text{Consommation totale (en mA)}}$$

Application Numérique :

- Capacité de la batterie (en mAh) = **1000 mAh**
- Consommation totale (en mA) = **707 mA**

$$\blacktriangleright Autonomie = \frac{1000}{707} \approx 1,41h \approx \mathbf{1h24}$$

Améliorations possibles dans différents domaines



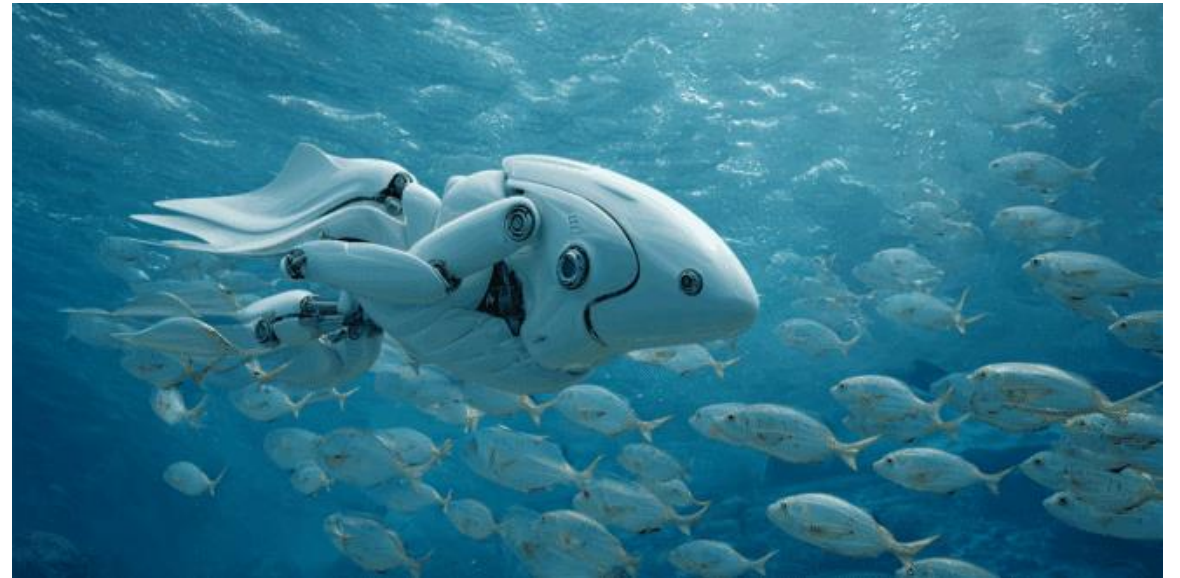
Pour conclure ...

➤ **Plusieurs domaines de l'ingénierie réunis autour d'un seul projet**

➤ **Découvertes concrètes :**

- Biomimétisme en robotique
- Électronique embarquée
- Programmation
- Modélisation

➤ **Bilan Personnel**



Bibliographie

- « Introduction à la bio-inspiration » : ► https://www.editions-ellipses.fr/PDF/9782340024342_extrait.pdf
- « Biomimétisme : définition et exemples » , Youmatter,world, (4/12/17) :
 - <https://youmatter.world/fr/definition/biomimetisme-definition-exemples/>
- **Le Robot SoFi (MIT)**
 - « Robot sous-marin exploration à contrôle acoustique biomimétisme SoFi Soft Robotic Fish MIT », Leobotic,fr, (2/06/21) :
 - <https://www.leobotics.fr/comparateur-robot/robot-professionnel-industrie-telecommunication-axes-mobile-agv-pro-leobotics-robotics/recherche-et-developpement-robot-etude-laboratoire-humanoide-biomimetisme-quadrupede-mini-micro-robotics/robot-biomimetisme-animal-insecte-oiseau-humain/robot-sous-marin-exploration-a-contrôle-acoustique-biomimetisme-sofi-soft-robotic-fish-mit/>
 - Robert Katzschmann, Joseph DelPreto, Robert MacCurdy, Andy Marchese, Daniela Rus – « SoFi - The Soft Robotic Fish », Csail.mit.edu, (7/12/18) : ► <https://www.csail.mit.edu/research/sofi-soft-robotic-fish>
 - Maïa Wasszeman, « L'exploration sous-marine grâce à un poisson-robot », LeParisien, (5/09/18) :
 - <https://www.leparisien.fr/high-tech/l-exploration-sous-marine-grace-a-un-poisson-robot-05-09-2018-7869036.php>
- Maëva AUTET, Julia CAUDRON, Inès GRUWEZ - « Conception d'un banc de test pour l'étude des nageoires bio-inspirées : MINA », (2023/2024) : ► https://drive.google.com/file/d/18m8nqb6JRtsrrwcyjuxaLp5vpz1u_N5S/view?usp=sharing

— Composants

- Jack MEZLEF, « Matériaux (lien) pour la conception du robot poisson », (2024/2025) :
▶ <https://drive.google.com/file/d/1TxbU4MOApW83PG8vrsAnw6qrWewLPped/view?usp=sharing>
- Kaouthar Draif, « Comment utiliser SG90 servomoteur avec Arduino », moussasoft.com, (20/01/23) :
▶ <https://www.moussasoft.com/sg90-servo-moteur-arduino/>
- Le Disrupteur Dimensionnel, « Contrôler un servomoteur avec une plaque Arduino. Servo SG90, », (9/12/20) :
▶ <https://ledisrupteurdimensionnel.com/arduino/controler-un-servomoteur-avec-une-plaque-arduino-servo-sg90/>
- Kaouthar Draif, « Comment utiliser DS18B20 capteur de température numérique avec Arduino », moussasoft.com, (18/01/23) :
▶ <https://www.moussasoft.com/ds18b20-arduino/>
- Kaouthar Draif, « Comment utiliser HC-SR04 capteur ultrason avec Arduino », moussasoft.com, (10/01/23) :
▶ <https://www.moussasoft.com/hc-sr04-capteur-ultrason-avec-arduino/>
- Kaouthar Draif, « Comment utiliser HC-05 et HC-06 module bluetooth avec Arduino », moussasoft.com, (3/02/23) :
▶ <https://www.moussasoft.com/modules-hc-05-et-hc-06-avec-arduino/#:~:text=Les%20modules%20HC%2D05%20et,d'autres%20informations%20%C3%A0%20distance.>
- GO TRONIC, « Guide de mise en marche du module Bluetooth HC-05. » :
▶ https://www.gotronic.fr/pj2-guide-de-mise-en-marche-du-module-bluetooth-hc-1546.pdf?srsItid=AfmBOop44AlV5mS2woCxqJ1K77xt_MTdOLFjuzcmKI5yAXPTALymzkW2

- Daisy Lachat, « Design et construction d'un robot poisson », Powerpoint, (20/06/23) :
 - ▶ <https://biorob2.epfl.ch/pages/studproj/birg57462/presentation.pdf>
- Ifremer, « Comment se déplacent-ils ? », peche.ifremer.fr, (07/01/11) :
 - ▶ <https://peche.ifremer.fr/Le-monde-de-la-peche/Les-ressources/comment/Deplacement#:~:text=Pour%20se%20d%C3%A9placer%20les%20poissons,en%20agissant%20comme%20un%20gouvernail>
- Wikipédia « Nageoire », fr.wikipedia.org, (13/02/24) :
 - ▶ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Nageoire#:~:text=La%20nageoire%20caudale%20est%20la,et%20donc%20de%20se%20propulser>
- **Calculs de performances :**
 - « Formules T.P.E fusée à eau », webnode.fr :
 - ▶ <https://tpe-fusee-a-eau.webnode.fr/les-/calculs-de-poussee/>
 - Andrew D Marchese, Cagdas D Onal, Dabiela Rus - « Autonomous Soft Robotic Fish Capable of Escape Maneuvers Using Fluidic Elastomer Actuators », (01/03/14) : ▶ <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4997624/#s008>
 - sales@dnkpower.com, « **How To Calculate Battery Run Time** », DNKpower, (2008/2025) :
 - ▶ <https://www.dnkpower.com/how-to-calculate-battery-run-time/>
 - « Mah Power Consumption Calculator », iCalculator™, (2009/2025) :
 - ▶ <https://engineering.icalculator.com/mah-power-consumption-calculator.html>

Remerciements

Je souhaite adresser tous mes remerciements à mon professeur tuteur, Monsieur Cédric ANTHIERENS du laboratoire COSMER pour son aide, son soutien et ses conseils.