

# Projets robotiques – ROBO 3

*Année scolaire 2022-2023*

**“Robot nettoyeur de coque de bateau –  
*HypoSmooth*”**

**Étudiants :** SATRAGNO Anthony – REGIS Thomas

**Encadrants :** Pascal Masson

## SOMMAIRE

<b>Introduction</b>	<b>3</b>
Stratégie	4
Structure	5
II.1. Introduction :	5
II.2. Cahier des charges :	5
II.3. Configuration du robot	5
II.4. Construction/Matériaux	6
III. Mouvement Mécanique	7
1.Introduction	7
2.Moteurs	7
Cahier des charges :	7
3.Transmissions/Réduction	8
4.Système de déplacement	9
IV.Module d’Alimentation :	9
1.Introduction	9
Cahier des charges	10
Boîtier de commande	10
Alimentation	10
Câble d’alimentation	11
IV Mouvement autonome :	11
Introduction	12
Carte de commande	12
Cahier des charges	12
Accéléromètre	13
Cahier des charges	13
Choix du capteur	13
Capteur de chute	14
Capteur d’obstacles	15

# Introduction

Dans le cadre de cette première année en école d'ingénieur robotique, mon binôme et moi-même avons choisi un projet de robot à réaliser tout au long de l'année.

Pour cela, nous avons dans un premier temps cherché à comprendre l'utilité d'un robot, les besoins auxquels celui-ci répond, de part son fonctionnement, ses actions et son autonomie.

Notre recherche s'est donc orientée vers le fait de répondre à un besoin, et avoir une action finale constructive et utile, en adoptant ainsi la démarche qu'une entreprise aurait avec un produit.

La région Nice-Sophia étant une station balnéaire, l'idée d'un robot en rapport avec le monde aquatique, plus précisément nautique semblait adaptée. En se renseignant sur les ports, nous avons remarqué que nettoyer la coque d'un bateau était une opération assez complexe. En effet, cela requiert de sortir le bateau de l'eau, le rincer, et selon le degré de saleté la main d'œuvre employée peut être très coûteuse. D'autant plus si cette action doit être effectuée plusieurs fois dans l'année. A savoir que de simples petites coquilles de coquillages réduisent la capacité de glissement de la coque, donc la vitesse du bateau et sa consommation. Il faudrait donc pouvoir effectuer cette tâche sans sortir le bateau de l'eau, sans main d'œuvre et ce, assez rapidement.

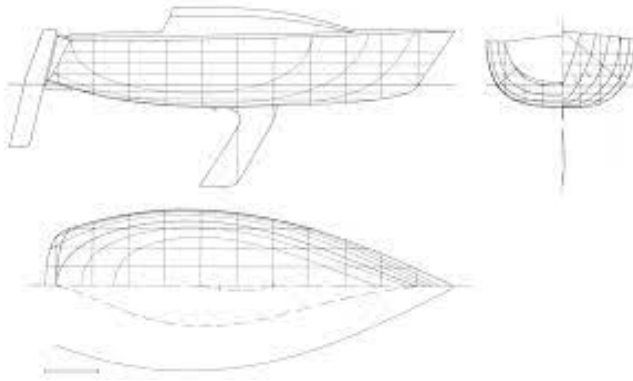


i0."Robot modèle Keelcrab"

Notre projet sera donc orienté autour d'un robot nettoyeur de coque de bateau. Celui-ci devra répondre à plusieurs besoins précédemment établis, comme pouvoir nettoyer efficacement une coque de bateau recouverte de vase, de biofilm, de coques de coquillages, le tout de façon autonome et sans abîmer le revêtement anti-fouling appliqué sur la coque.

## I. Stratégie

Ce paragraphe va servir à évaluer plus précisément les tâches que le robot devra accomplir.  
Une représentation d'une coque de bateau classique :



il.1 "Schéma coque de bateau classique"

Afin de pouvoir nettoyer l'entièreté de la coque de façon autonome, l'HypoSmooth devra être en capacité de scanner son environnement et de construire et suivre un chemin pour ne pas repasser 2 fois au même endroit et ainsi nettoyer efficacement et rapidement la coque. Il faudra donc le munir de capteur adapté à l'environnement et le type de déplacements.

L'HypoSmooth devra également être munis de chenilles pour passer sur de potentiels obstacles présents sur la paroi et d'un système d'aspiration afin d'être collé à la coque selon ses variations de formes (il.1), tout en étant bien évidemment waterproof.

Notre projet s'inspire en grande partie du robot Keelcrab (i0.), développé en Italie, qui est un robot nettoyeur de coque de bateau pilotable à distance.

Nous avons donc décidé d'automatiser ce type de procédé, en ajoutant en plus un élément vibrant (voir schéma) pour retirer les coquillages présents sur la coque et responsable de la perte d'aérodynamisme dans l'eau.

## II. Structure

### II.1. Introduction :

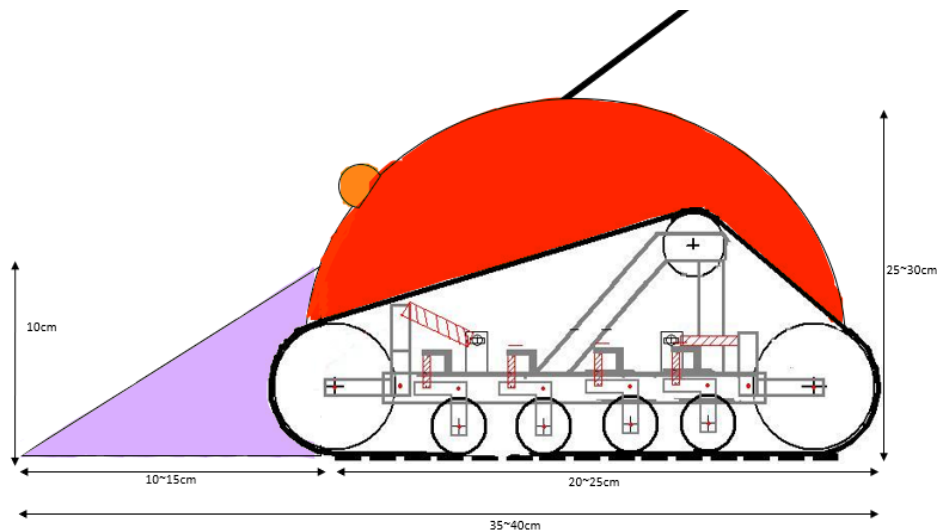
Le but de cette partie est de décrire la physique de l'HypoSmooth. Nous allons définir la taille, les volumes attribués à chaque module ainsi que le type de structure et les matériaux utilisés.

### II.2. Cahier des charges :

La taille ne doit pas dépasser les dimensions maximales de l'imprimante 3D mise à disposition. A savoir Largeur : 30cm, Longueur : 40cm.

Concernant la hauteur, il n'y aura pas de grosses pièces donc le robot devrait faire entre 20 et 30 cm. Toute l'électronique sera isolée par une coque plastique créée par thermo formation.

### II.3. Configuration du robot




III.3.a. "Schéma en

coupe de l4HypoSmooth"

Chaque longueur attribuée aux pièces est susceptible de changer selon les besoins et contraintes rencontrés au cours de l'avancement du projet.

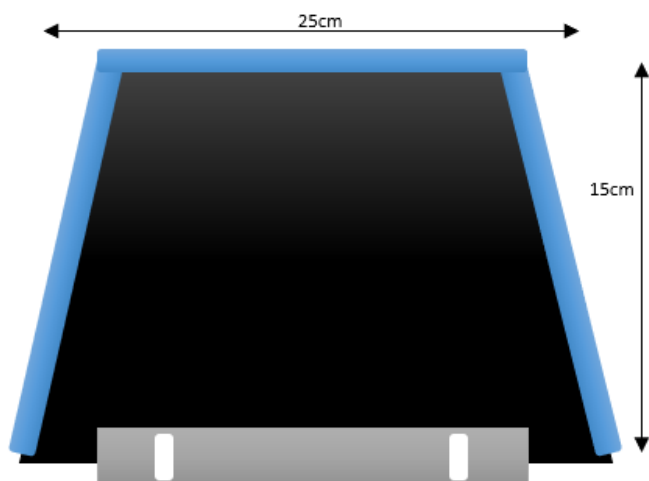
### II.4.Construction/Matériaux

Pour obtenir un robot maniable, il nous faut diminuer au maximum l'inertie du robot et donc sa masse. Dans l'eau même si la poussée d'Archimède sera de notre côté, pour réduire les efforts de la pompe qui créera l'aspiration, avoir une masse faible est primordial.

	Difficulté d'impression	Tarif (au kg)	Résistance mécanique	Thermorésistance	Résistance à l'eau	Difficulté de post-traitement	Usage	Remarque
								
<b>PLA</b>	Facile	15-30€	Faible	Faible	Faible	Moyen	Pièce esthétiques	Existe chargées en bois, métal ou en de nombreuses couleurs
<b>ABS</b>	Moyen	30€	Bonne	Bonne	Bonne	Facile		
<b>PETG</b>	Facile	30€	Bonne	Bonne	Bonne	Moyen	Toute pièce mécanique, prototypage	
<b>FLEX</b>	Moyen	50-100€	Bonne	Bonne	Bonne	Elevée	Pièces souples	
<b>ASA</b>	Moyen	30-40€	Excellente	Excellente	Faible	Facile	Usage en extérieur (résistance UV) ou pièce à haute résistance thermique	
<b>PVB</b>	Moyen	50€	Bonne	Faible	Faible	Facile	Objets translucides, décoration	
<b>PC</b>	Moyen	50-80€	Excellente	Excellente	Excellente	Facile	Pièces extrêmement solides	Existe chargé en carbone
<b>PA</b>	Elevée	60-120€	Excellente	Faible	Faible	Elevée	Pièces subissant de fortes contraintes mécaniques	Existe chargé en carbone
<b>PEEK</b>	Très élevée	800€	Excellente	Excellente	Excellente	NA	Pièces mécaniques pour la NASA	Résistance aux produits chimiques

#### iii.4. "Tableau récapitulant les plastiques imprimables disponibles"

L'HypoSmooth sera ainsi constitué en majeure partie de plastique, et la plupart des pièces imprimées en 3D. Le plastique devra résister à la pression, à la vibration et bien sûr à l'eau. On optera ainsi pour du plastique type PETG ou PC pour les pièces nécessitant une forte résistance.



Concernant la raclette qui servira à retirer les coquillages, celle-ci pourra être en métal type inox (Noir), assez fine pour réduire son poids tant qu'elle reste résistante. Pour éviter d'abimer le revêtement antifouling, l'extrémité pourra être recouverte d'un plastique souple moulé autour (Bleu).

#### iii.4. "Schéma vu de dessus de la raclette"

## III. Mouvement Mécanique

### III.1.Introduction

L'objectif de cette partie est de s'intéresser à la motorisation du robot.

Les moteurs seront en charge de réaliser les tâches les plus importantes du robot c'est-à-dire assurer son déplacement et le nettoyage.

Étudier les caractéristiques des moteurs et leurs capacités à exécuter différentes tâches est donc un enjeu majeur de cette recherche bibliographique.

### III.2.Moteurs

Cahier des charges :

- Doit pouvoir supporter un voltage de 12V
- Couple suffisant pour faire tourner les chenilles, actionner les engrenages, les brosses et la raclette vibrante (1.5 N.m)
- Doit pouvoir créer une aspiration collant le robot à la coque par effet ventouse
- Waterproof

Nous allons donc choisir 2 moteurs à fort couple et vitesse réduite pour faire avancer sans problème le robot. Selon les critères fournis par le site robotshop.com, voici les

caractéristiques des moteurs correspondant à nos attentes en matière de déplacement :

#### Input

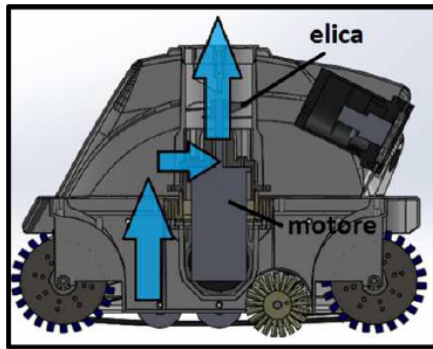
Total mass:	<input type="text" value="6"/>
	Kg
Number of drive motors:	<input type="text" value="2"/>
	[#]
Radius of drive wheel:	<input type="text" value="0.05"/>
	m
Robot Velocity:	<input type="text" value="0.10"/>
	m/s
Maximum incline:	<input type="text" value="20"/>
	[deg]
Supply voltage:	<input type="text" value="12"/>
	V
Desired acceleration:	<input type="text" value="0.1"/>
	m/s <sup>2</sup>
Desired operating time:	<input type="text" value="5"/>
	min
Total efficiency:	<input type="text" value="65"/>

#### Output (for each drive motor)

Angular Velocity:	<input type="text" value="2.0000"/>
	rad/s
Torque:	<input type="text" value="0.79736"/>
	Nm
Total Power:	<input type="text" value="1.5947"/>
	W
Maximum current:	<input type="text" value="0.13289"/>
	[A]
Battery Pack	<input type="text" value="0.022149"/>
	[Ah]

Pour un robot de 6kg (limite fixée), se déplaçant à une vitesse de 10 cm/s, entraîné par 2 moteurs de 12V, les moteurs concernés doivent pouvoir fournir un couple de 0.8 N.m.

III.2.  
"Recommandation sur robotshop.com"



De plus, l'HypoSmooth devra pouvoir rester fixé à la coque du bateau. Ceci sera rendu possible grâce à une hélice fixée à un moteur à haut RPM. L'hélice créera ainsi l'aspiration, et la vitesse de rotation du moteur déterminera la force de celle-ci. Elle devra être assez forte pour maintenir le robot collé tout en laissant son déplacement possible. (iiIII.2.).

iiIII.2. "Vu en coupe du KeelCrab"

### III.3.Transmissions/Réduction

Les deux moteurs principaux auront pour fonction d'actionner les roues, mais aussi les brosses et la raclette. Ces éléments effectuent des actions différentes et de ce fait n'opèrent pas à la même vitesse ni avec les mêmes mouvements. Il sera donc nécessaire d'utiliser des engrenages de tailles différentes pour transférer la rotation du moteur aux roues et pour

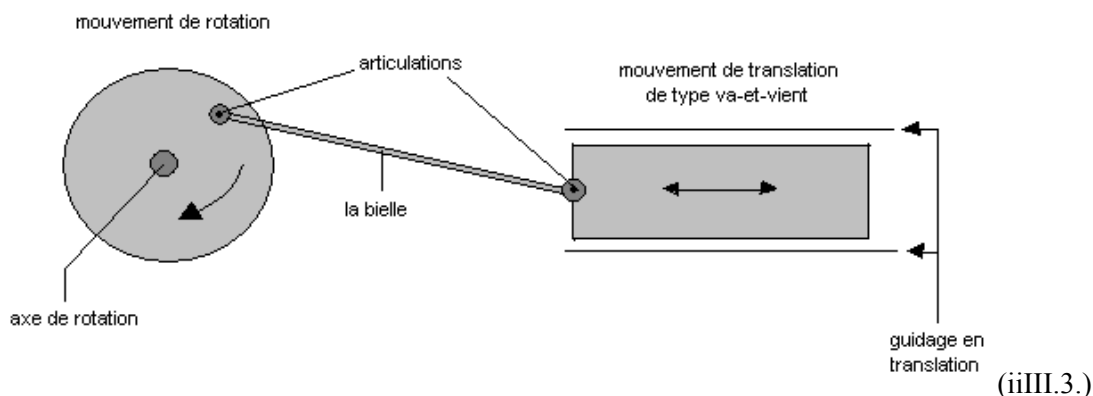
découpler la vitesse de rotation des brosses. Un système de transmission/réduction classique à 3 engrenages sera utilisé pour cela (iIII.3.).



iIII.3."Exemple de réducteur"

De plus, la raclette effectuera un mouvement de va et vient. Pour l'engendrer nous avons le choix de la relier à un vibreur (donc ajouter un moteur et du poids), ou la relier à un système type "manivelle et piston" (voir schéma), pour transformer la rotation du moteur en

mouvement linéaire. La deuxième solution, plus légère, moins coûteuse et purement mécanique semble plus adaptée. (iiIII.3.).





### III.4.Système de déplacement

Pour se déplacer, en s'inspirant des robots de piscine déjà existant, les moyens mis à disposition sont les roues ou les chenilles. Dans une optique de réduction du nombre de moteurs et de préservation de la coque du bateau, nous privilégions les chenilles. Celles-ci seront tendues et coulissent le long de différents axes (2 gros principaux et plusieurs petits faisant office de guide)(voir iI.1.). L'idéal seraient d'acheter directement celle-ci :

<https://www.raviday-piscine.com/chenille-grise-robots-piscine-poolstyle-poolstyle-plus-serie-z/> ou de les créer en impression 3D Résine (voir disponibilités laboratoire).

## IV. Module d’Alimentation :

### IV.1. Introduction

L’objectif de cette partie est de décrire toutes les pièces qui serviront à alimenter électriquement le robot. Sachant que le robot nettoyeur devra rester un temps non négligeable immergé dans l’eau de mer, l’autonomie sera un point clé pour le robot.

La mise en place d’une batterie serait donc inadaptée à notre exigence d’autonomie et beaucoup trop onéreuse pour pouvoir réaliser la tâche de nettoyage.

Le robot sera donc équipé d’un câble chargé de l’alimenter en énergie électrique.

Le système d’alimentation par câble étant de plus, majoritairement utilisé pour les robots de nettoyage déjà existants ( keelcrab, piscine ...).

#### - Cahier des charges

- Fournit une tension de 12 ou 24V
- Câble étanche
- Câble résistant à la torsion
- Puissance bloc d’alimentation : 180 W

#### - Boîtier de commande

Le robot évoluant dans le milieu maritime les installations électroniques tout comme les pièces mécaniques doivent être adaptées à cet environnement en respectant l’exigence d’étanchéité. C’est pourquoi nous préférons opter pour une solution de protection contre l’eau tout simplement en laissant les systèmes de commandes électroniques piloter le robot à distance et hors de l’eau. C’est donc le boîtier de commande constitué du transformateur développé ci-dessous et de la carte de commande développée dans la partie IV ( Mouvements Autonomes) qui sera chargée de traiter les signaux.

On construira le boîtier de commande par nous même avec l’ensemble des éléments décrits ci-dessus.



( I.1 ) “ Exemple de boîtier de commande robot de piscine dolphin cosmos “

## - Alimentation

Pour une raison de facilité, l'alimentation du robot devra pouvoir se faire à partir du secteur qui fournit en Europe une tension avoisinant les 220V. Cependant les normes européennes bloquent l'alimentation en salle d'eau (là où sera majoritairement testé le robot) est limitée à 24V. Dans une optique de test et de mise en situation, nous nous limiterons à ce voltage. Cependant pour une utilisation extérieure (test final en condition réelles), la mise en place d'un bloc d'alimentation branché au secteur semble être nécessaire pour adapter le signal de 220 V en un signal utilisable par le robot. De plus, l'alimentation n'aura pas besoin d'être étanche car elle sera dans son intégralité hors de l'eau. Pour choisir la bonne alimentation nous nous sommes appuyés sur les robots de piscine déjà existants dont les caractéristiques de puissance varient entre 120 W et 180 W. Comme l'hyposmooth est amené à consommer plus d'énergie qu'un robot aquatique basique de part son utilisation, nous avons décidé de choisir une alimentation de 180 W.



(I.2) "Bloc d'Alimentation 24V DC 180W"

## - Câble d'alimentation

Le câble d'alimentation étanche fera la liaison entre le bloc de commande et l'Hyposmooth. Il aura une longueur d'environ 20 m adaptée aux bateaux de taille inférieure à une dizaine de mètres. De plus le câble sera équipé du système swivel l'empêchant de s'entortiller et d'entraver les déplacements du robot.



## V Mouvement autonome :

### V.1.Introduction

Le principal enjeu de notre projet robotique est de pouvoir concevoir un système entièrement automatisé, c'est-à-dire ne nécessitant aucunes données préalablement renseignées par l'homme. De ce fait, pour que le robot puisse parfaitement se déplacer sur la coque et accomplir ses tâches sans enfreindre les exigences de sécurité, il devra être équipé de plusieurs capteurs qui se chargeront de récupérer des informations sur son environnement extérieur pour qu'il puisse être en capacité de prendre des décisions. Ces capteurs communiqueront avec la carte de commande par ondes hertziennes qui, en prenant en compte l'information reçue, pilotera entre autres les systèmes mécaniques chargés du déplacement et du nettoyage du robot.

Dans cette partie nous chercherons à trouver une carte de commande adaptée au projet et à lister les différents capteurs déjà utilisés par certains robots automatisés afin de choisir les plus efficaces.

### V.2.Carte de commande

La carte de commande est la pièce principale du robot car elle est chargée de toute l'automatisation de ce dernier. Ses caractéristiques jouent donc un point clef pour la mise en place de notre système.

#### **Cahier des charges**

- Pilotage de 2 moteurs ( mettre le nom des moteurs ) et d'un moteur d'aspiration ( mettre le nom du moteur ).
- Alimentation : Secteur
- Traiter les informations reçues par les différents capteurs.

La carte de commande nous sera fournit.

### V.3.Capteurs

#### 3.a.Accéléromètre

Le capteur qui jouant le rôle principale est celui sensible aux déplacements du robot, lui permettant alors un nettoyage le plus efficace possible de la coque. En effet, le robot devra passer sur toute la coque pour la nettoyer sans oublier de partie. De plus, il ne devra jamais passer 2 fois au même endroit.

Ainsi, 2 solutions s'offrent à nous, la mise en place d'un accéléromètre ou d'un gyroscope. L'accéléromètre et le gyroscope permettent tous deux d'avoir une information sur la distance parcourue par le robot et donc un renseignement sur la position du robot lui permettant une navigation autonome.

L'accéléromètre est utilisé pour des déplacements linéaires et les gyroscopes ont la capacité d'acquérir des informations de rotations.

On choisira de composer avec ces deux systèmes car le robot sera amené à travailler sur toutes les parties de la coque du bateau qui ont des inclinaisons différentes.

Accéléromètre c'est pour les translations et gyroscope c'est pour l'angulaire prendre 1 de chaque ou 1 qui fait les deux.

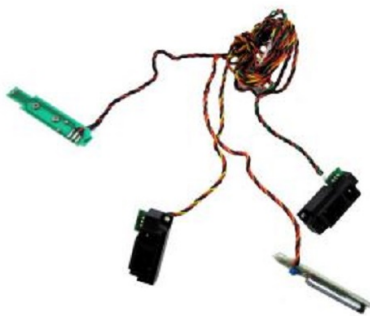
<https://www.tme.eu/fr/news/library-articles/page/22568/Comment-cela-fonctionne-et-quand-l-accelerometre-est-il-utilise-/#:~:text=Il%20existe%20trois%20types%20d,pi%C3%A9zo%C3%A9lectriques%20et%20les%20acc%C3%A9l%C3%A9rom%C3%A8tres%20pi%C3%A9zor%C3%A9sistifs.>

Lien qui explique les différents types d'accéléromètre. On prendra le pyzorésistif car plus de précision pour les mouvements lent comme notre robot et aussi utilisé pour la navigation inertielle ( c'est ce que nous voulons veut faire ).

### 3.b. Capteur de chute

Les coques de bateaux peuvent avoir des formes très variées. Pour que le robot puisse nettoyer toute la coque, il devra parfois changer de face. Pour pouvoir anticiper ce changement d'orientation qui est une manœuvre assez particulière il faut que le robot puisse détecter le fait qu'il arrive à une extrémité de la coque. C'est donc le capteur de chute ou de vide qui pourra renvoyer cette information.

Ce capteur est déjà très utilisé chez les robots aspirateurs d'intérieurs, nous choisirons donc le même modèle tout en assurant l'étanchéité de ce dernier.



“Capteur de Chute NEATO XV”

## Capteur d'obstacles

Pour rappel, le robot, outre de nettoyer le biofilm, est également chargé de nettoyer les coquillages. Il fera donc face à des obstacles sur son chemin.

Cependant il peut aussi être amené à rencontrer des obstacles qui ne sont pas prévus dans son cycle de nettoyage. Ce qui peut empêcher son bon fonctionnement et perturber sa navigation. Pour empêcher toute collision et dommages, la mise en place d'un capteur d'obstacle semble être pertinente.

On choisit le capteur infrarouge basique parmi les autres existants ( onde sonore etc .....). Celui-ci étant fourni.

## VI. Nettoyage de la coque de bateau :

### VI.1.Introduction :

Le but premier de L'HyopSmooth est de pouvoir nettoyer efficacement la coque d'un bateau à la place d'une main d'œuvre humaine. Il devra donc être équipé de brosses pour enlever les algues et biofilms, mais aussi d'une raclette vibrante pour enlever les coquillages.

## VI.2.Brosses



Pour cela, nous allons nous inspirer du robot keelcrab et de sa disposition des brosses. L'HypoSmooth sera équipé de 2 brosses en silicone rigide et de deux brosses en mousse pour les finition

iVI.2 "Vue de dessous du robot KeelCrab"

## 3.Raclette

Voir paragraphe II.4

## VII. Tableau récapitulatif de commande

Objets	Liens	Références
Moteurs déplacements (x2)	<a href="https://french.alibaba.com/p-detail/High-60546697283.html?spm=a2700.7724857.0.0.42232">https://french.alibaba.com/p-detail/High-60546697283.html?spm=a2700.7724857.0.0.42232</a>	2D6-24GN-29.5S+2GN25K

	ba2VgT5na&s=p	
Moteur Hélice		Même type que ceux utilisés pour le bateau en cours (montré par le professeur)
Chenilles	<a href="https://www.raviday-piscine.com/chenille-grise-robots-piscine-poolstyle-poolstyle-plus-serie-z/">https://www.raviday-piscine.com/chenille-grise-robots-piscine-poolstyle-poolstyle-plus-serie-z/</a>	MAY-201-1300.9983152
Gyroscope et Accéléromètre	<a href="https://www.tme.eu/fr/news/library-articles/page/22568/Comment-cela-fonctionne-et-quand-laccelerometre-est-il-utilise-/#:~:text=Il%20existe%20trois%20types%20d,pi%C3%A9zo%C3%A9lectriques%20et%20les%20acc%C3%A9l%C3%A9rom%C3%A8tres%20pi%C3%A9zor%C3%A9sistifs.">https://www.tme.eu/fr/news/library-articles/page/22568/Comment-cela-fonctionne-et-quand-laccelerometre-est-il-utilise-/#:~:text=Il%20existe%20trois%20types%20d,pi%C3%A9zo%C3%A9lectriques%20et%20les%20acc%C3%A9l%C3%A9rom%C3%A8tres%20pi%C3%A9zor%C3%A9sistifs.</a>	

FIN



