Concours Cgénial 2021

ÉLABORATION D'UN MODULE NETTOYEUR DE MILIEUX AQUATIQUES

GUIDON Alexandre – DAVID Romain – OUVRIER-BUFFET Florian

Professeur encadrant : M. DUBETTIER-GRENIER Laurent

LYCÉE RENÉ PERRIN À UGINE

Table des matières

I – Introduction
- A) Présentation de l'équipe
- B) Résumé du projet

II – Études préliminaires
- A) Présentation générale du bateau
- B) Le choix des matériaux
- C) Construction du bateau

III – Approche sur la flottabilité
- A) Calculs sur la masse maximale théorique
- B) Confrontation des résultats avec la réalité

IV – Système de récupération de déchets
- A) La nécessité de créer des pinces à l'avant du bateau
- B) Imagination et conception d'un tapis roulant
- C) Automatisation de l'ensemble

V – Études sur les batteries
- A) Choix du type de batterie
- B) Calcul de la capacité des batteries

VI – Motorisation du bateau
- A) Motorisation des pinces
- B) Motorisation du tapis roulant
- C) Moteur principal

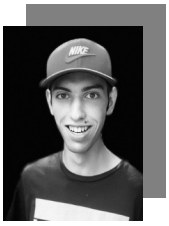
VII – Programmation et automatisation du système embarqué
- A) Présentation du programme
- B) Présentation des composants électroniques
- C) Montage électrique

VIII – Recherches sur les panneaux photovoltaïques
- A) Panneaux solaires au silicium
- B) Deux types de panneaux
- C) Détermination expérimentale de l'énergie fournie

Conclusion
Remerciements
Sources et références

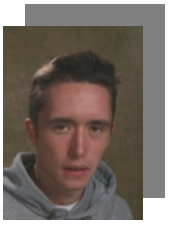
I – Introduction

A. Présentation de l'équipe

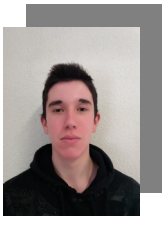


- **Alexandre** a été le programmateur du groupe. Après le TPE en classe de première scientifique, il a décidé sans hésitation de se consacrer et de s'investir pleinement dans la partie électronique et électrique du projet notamment celle du panneau photovoltaïque.

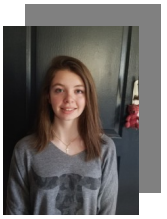
- **Florian** s'est occupé des batteries, de l'application pour téléphone ainsi que de la caméra embarquée du bateau. Étant intéressé par l'électricité et l'informatique que lui offrait le projet, il a réalisé plusieurs simulations, notamment celles sur la décharge des batteries. Il a aussi assuré la construction de certaines pièces sur SolidWorks.



- **Romain D** a été chargé de la construction du bateau. Après avoir perfectionné ses techniques sur une poubelle intelligente lors du TPE en classe de première, il a su rester à la hauteur en travaillant sur un projet portant toujours sur le même thème de l'environnement.



- **Romain B** s'est penché sur la propulsion du bateau, il a pour cela dû dimensionner le moteur et confectionner sur mesure une hélice permettant au bateau de se déplacer. Il a également travaillé avec Lou sur les flotteurs portants la machine ou encore avec Florian sur l'application smartphone permettant de récupérer les informations en provenance du bateau par liaison Bluetooth.



- **Lou** s'est concentrée sur l'étude de la flottabilité et la direction du bateau. Elle s'est occupée d'expliquer le principe d'Archimède, de dimensionner les servomoteurs, d'étudier les paramètres de flottaison d'un bateau et de simuler l'écoulement de l'eau sur les flotteurs avec les différents embouts afin de limiter au maximum les frottements. Elle a ainsi optimisé cela de façon remarquable.

B. Résumé du projet

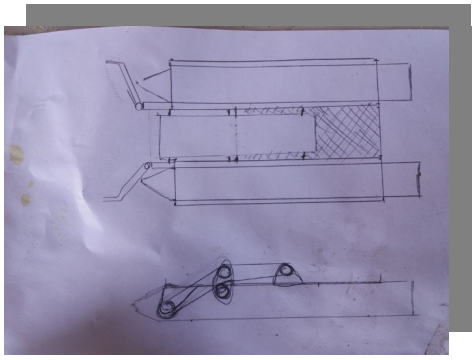
Un des principaux problèmes actuels est la pollution des eaux qui menace la biodiversité, l'environnement et un grand nombre d'espèces. Or les jeunes sont d'autant plus concernés qu'ils sont directement responsables de l'avenir de la planète et par conséquent de celui des Hommes. Nous nous sommes alors demandés quels étaient les principaux problèmes environnementaux actuels, en milieu aquatique, et quels moyens pourrait on mettre en œuvre pour dépolluer la surface des océans. Pour faire face à ce problème, nous avons décidé de mettre au point un bateau ramasseur de déchets flottant en surface. Cependant, il ne s'agit pas seulement de nettoyer un milieu aquatique si le fonctionnement de l'engin porte un impact négatif sur l'environnement. L'objectif est donc de rendre entièrement autonome et durable notre bateau nettoyeur, en le motorisant électriquement et en l'alimentant de manière énergétiquement autosuffisante grâce à des panneaux solaires.

Ainsi, dans ce projet vous découvrirez comment nous avons ingénieusement mêlé mécanique, électricité, physique et électronique afin de réaliser un projet autant futuriste qu'innovant .

II – Études préliminaires

A. Présentation générale du bateau

Afin de réaliser le bateau, nous nous sommes basés sur les dimensions d'un panneau solaire préalablement fourni par le lycée René Perrin. À l'aide de ce panneau, nous avons pu déterminer les dimensions exigées pour notre bateau soit 70 cm de large par 100 cm de long. Cependant, la présence du panneau photovoltaïque assez lourd en hauteur sur le bateau risquerait, de part un centre de gravité instable et élevé, de faire chavirer la structure.



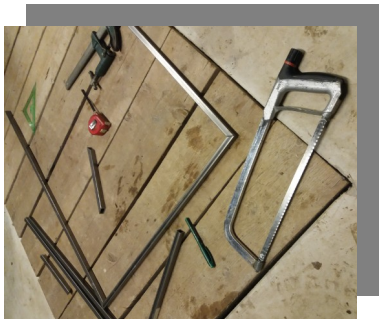
Nous avons par conséquent décidé de construire un bateau bicoque, autrement dit un bateau avec l'allure d'un catamaran, pour faire face à de probables phénomènes de tangage et ainsi avoir une meilleure stabilité. Il sera équipé d'un système de pinces à l'avant, motorisées et contrôlables via une radiocommande, afin de guider les déchets à la manière d'un entonnoir dans un tapis roulant qui les achemine directement dans une benne prévue à cet effet.

B. Le choix des matériaux

Le bateau sera présent dans l'eau afin de ramasser les déchets, ce qui engendre un certain nombre de contraintes à prendre en compte dans le choix des matériaux. Tout d'abord, nous étions partis dans l'optique de réaliser le châssis de notre projet en aluminium. En effet, c'est un métal qui a notamment des propriétés de résistance en milieu aquatique car il n'est pas soumis au phénomène de rouille au contact de l'eau. Cependant, par manque de matériel nécessaire à la soudure de l'aluminium, nous avons été contraints de réaliser un châssis en acier avec des barres carrées de 1,6 cm de coté.

Ce châssis sera par la suite recouvert d'une grille et non d'une plaque opaque afin de permettre à l'eau de s'évacuer facilement et d'éviter le remplissage du bateau avec la remontée des déchets. Pour faire face à la rouille sur l'acier, il devra être recouvert d'une peinture spéciale antirouille qui ne devra pas polluer les eaux. Les flotteurs ont quant-à eux été réalisés avec des tuyaux de PVC de diamètre 160 mm obstrués à l'avant par des embouts aérodynamiques spécialement conçus sur le logiciel de simulation 3D SolidWorks et imprimés avec les imprimantes 3D du lycée René Perrin.

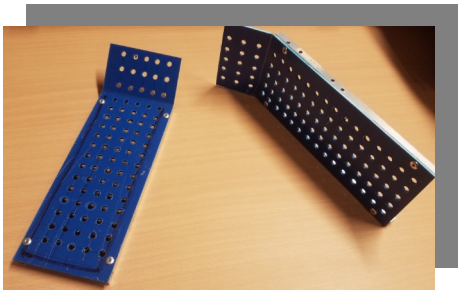
C. Construction du bateau



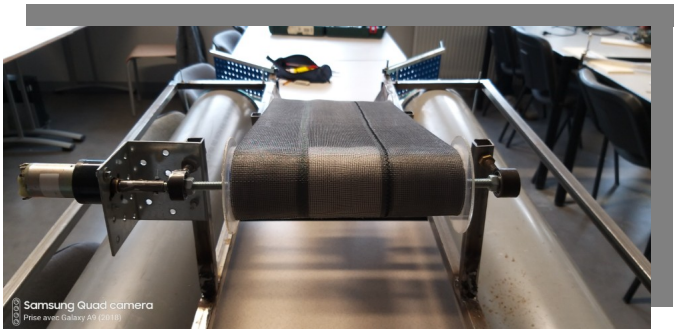
Tout d'abord, nous avons découpé les barres en métal aux dimensions souhaitées puis nous les avons soudées avec la technique de soudure à l'arc.

Une fois le châssis réalisé, nous lui avons fixé les flotteurs avec de fines tiges filetées, les flotteurs étant préalablement coupés aux bonnes dimensions et obstrués à l'aide des embouts aérodynamiques collés à la colle PVC étanche.

Le système de tapis roulant a été réalisé avec une moustiquaire qui possédait, contrairement à tout autre matériaux étudié, toutes les caractéristiques dont nous avions besoin. L'ingénieuse idée d'utiliser des rouleaux de peinture, qui font office de cylindre permettant le maintien et le guidage du tapis, nous a permis de construire un système qui répondait parfaitement à nos attentes, à savoir le prix, la qualité des roulements ainsi que leur résistance à l'eau. La présence d'un mécanisme situé au dernier pylône créé et imaginé sur mesure pour tendre le tapis permet de pouvoir régler une tension optimale. Ils ont été réalisés à l'aide de deux rotules montées sur une tige filetée pour permettre le réglage.

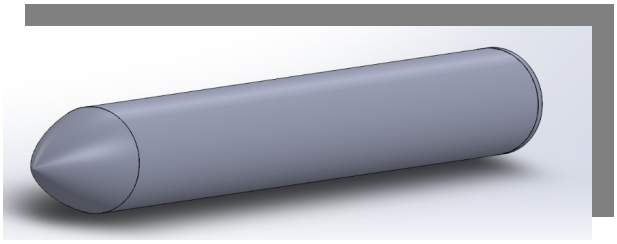


Nous avons découpé des plaques de PVC que nous avons modelées sur mesure pour créer les pinces. Celles-ci ont ensuite été percées de façon régulière à de nombreuses reprises afin de permettre à l'eau de s'évacuer vers l'arrière et de filtrer les déchets tout en limitant les forces de frottement dans l'eau. Pour finir, deux barres en aluminium ont été rivetées pour solidifier l'ensemble.



III – Approche sur la flottabilité

A. Calculs sur la masse théorique



Afin de dimensionner les moteurs et les flotteurs, nous avons dû réaliser une estimation du poids du bateau, sachant que notre cahier des charges nous imposait plusieurs contraintes telles que la capacité de charge de la benne, qui doit pouvoir supporter une masse de 10 kg de déchets avec une batterie autonome pendant une durée minimale de 24 heures. Nous avons pour cela estimé la masse du châssis et de son système de récupération de déchets à 12 kg, la masse des batteries à 6 kg, le panneau solaire à 7 kg, une capacité de charge de 10 kg et une marge de 5 kg, soit un total d'environ 40 kg. Nous avons ainsi pu dimensionner les flotteurs.

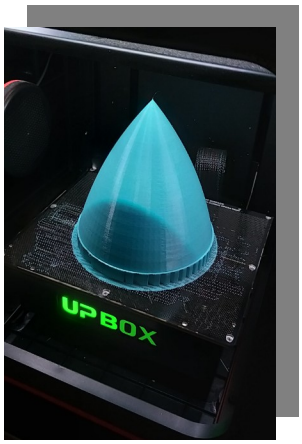
B. Confrontation des résultats avec la réalité

Afin de confirmer ces résultats une fois la construction terminée, nous sommes allés sur un lac pour faire naviguer le bateau en lui ajoutant des poids grâce à des bidons remplis d'eau pour obtenir une masse totale de 40 kg. Nous avons constaté que les flotteurs ne s'enfonçaient pas au maximum

mais seulement au 3/4, ce qui est principalement dû à la marge sur la masse prise au préalable ainsi qu'à la flottabilité du plastique qui avait été négligée. Une fois le bateau stabilisé sur ses flotteurs, il a été question de mesurer la force nécessaire pour faire avancer l'engin à une vitesse de 0,5 m/s afin de déduire la poussée à fournir par le moteur. Nous avons pour cela accroché l'avant du bateau à un dynamomètre sur lequel nous avons tiré jusqu'à faire avancer le bateau à la vitesse exigée pour pouvoir lire approximativement la force nécessaire au bon déplacement et en déduire par calcul la puissance du moteur.

C. Création d'embouts aérodynamiques

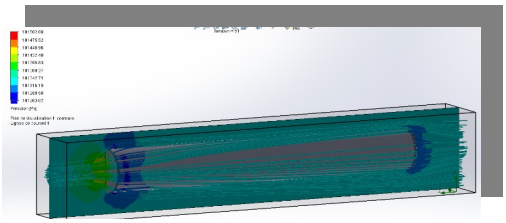
Le logiciel SolidWorks nous a permis de simuler des embouts coniques, des embouts de torpille et des embouts plats.



Toutes les simulations sont décrites ci dessous avec les différents paramètres suivants :

- *plan de visualisation :* sur le plan de face, ce qui permet de visualiser la pression de l'eau.
- *lignes de courant : elles* partent du bout du nez du flotteur, ce qui permet de visualiser la trajectoire de l'écoulement de l'eau et ainsi voir les frottements.
- *une vitesse sur l'axe : axe Z* orienté sur -Z soit -0.5m/s. Cela permet de simuler la vitesse du bateau qui avance, le signe moins à son importance car il permet de diriger l'écoulement de l'eau dans le bon sens.

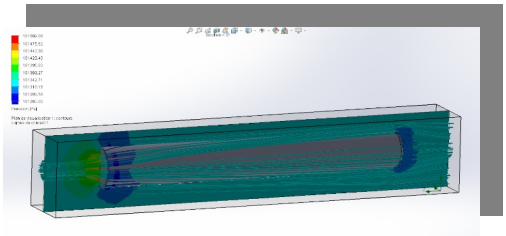
! Attention aux turbulences visibles à la fin du flotteur, celles-ci ne représentent pas le courant de l'eau !



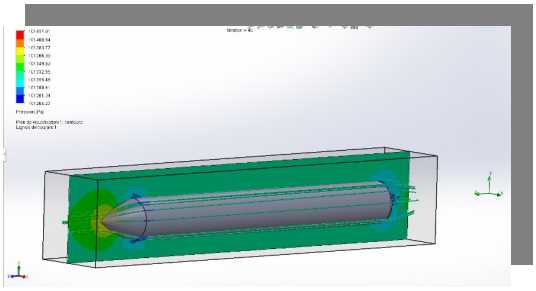
Nous avons tout d'abord conclu que les embouts plats n'étaient en aucun point efficaces car l'écoulement de l'eau ne suit pas correctement le flotteur engendrant de la sorte plus de frottements avec l'eau.

Nous en avons donc déduit qu'il était nécessaire de rajouter un "nez" à notre embout.

Ce test à été concluant, il a confirmé nos hypothèses. Le fait de rajouter un "nez" aux flotteurs (donc de le rendre conique) permet de diminuer les frottements dans l'eau (nous retrouvons ici la notion d'hydrodynamique qui n'est pas au programme).



Pour finir, nous avons cherché à optimiser cela encore davantage. Nous avons alors fait des recherches sur les torpilles qui avaient des embouts plus longs et un "nez" arrondi. Cela permettait à la torpille, qui est rapide et lourde, de limiter un maximum les frottement



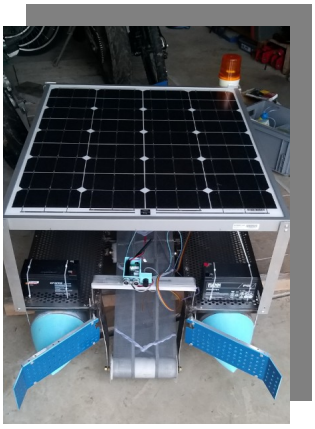
dans l'eau. La simulation de SolidWorks nous a permis de confirmer cette deuxième hypothèse.

Sachant que notre bateau navigue à 0.5m/s, les frottements de l'eau sont "négligeables". Il aurait fallu qu'il aille plus vite pour constater une différence conséquente entre un embout de torpille et un cône. Nous avons alors décidé en groupe de garder le cône pour limiter les frottements de l'eau et ainsi gagner en efficacité dans le déplacement de notre bateau sans pour autant compliquer de manière significative le travail de construction de la maquette.

Afin de nous assurer de l'étanchéité des embouts imprimés en PLA, nous les avons rempli d'eau durant 4 heures en déposant des mouchoirs sur leurs parties inférieures. Cette expérience à été concluante dans le sens où les mouchoirs ne portaient aucune trace d'humidité.

IV – Système de récupération de déchets

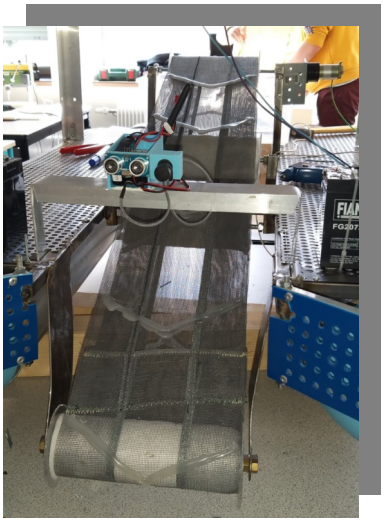
A. La nécessité de créer des pinces à l'avant du bateau



Il semble évident de penser en voyant la taille du tapis roulant par rapport au bateau qu'un trop grand nombre de déchets ne seraient pas ramassés. C'est ce problème qui a suscité une importante réflexion et de nombreux débats qui ont finalement abouti à la réalisation de pinces. En effet, cette solution permettait de couvrir toute la partie avant du bateau, ce qui multiplie par trois la surface nettoyée. Ce dispositif agit à la manière d'un entonnoir en concentrant tous les déchets au centre du bateau au départ du tapis roulant.

En ce qui concerne la construction des pinces, nous avons décidé de réaliser une armature en aluminium pour faire face au effets dévastateurs de la rouille. Quant à la partie centrale de la pince, elle sera réalisée avec des plaques de PVC découpées et modelées sur mesure. En effet, il se trouve que lorsque cette matière est chauffée, nous avons la possibilité de la déformer à la manière souhaitée. Les pinces seront par la suite censées pivoter autour d'un axe grâce à une liaison pivot afin d'être commandées par deux Servomoteurs de façon à les mettre en mouvement en fonction du flux de déchets.

B. Imagination et conception d'un tapis roulant



Afin de pouvoir effectuer une récolte de déchets efficace, nous nous sommes interrogés sur deux types de systèmes.

Un système de godet articulé situé à l'avant du bateau récoltant les déchets à l'image d'un tractopelle pour ensuite se vider à l'arrière du bateau. Or nous avons très rapidement remarqué que ce système serait peu efficace à cause du temps de rotation de la pince qui pourrait laisser passer un grand nombre de déchets à côté et sous le bateau, ce qui diminuerait le rendement de notre installation ; c'est pourquoi il a immédiatement été abandonné.

La seconde option se compose d'une pince située à l'avant du bateau qui permet d'accompagner les déchets vers le centre à la façon d'un entonnoir. Les déchets sont ainsi guidés dans un tapis roulant qui se met en marche lorsque ceux là sont détectés par un capteur à ultrasons, afin de ne pas faire tourner le tapis roulant continuellement pour rien. Ce dernier déversera ainsi l'ensemble des détritus dans une benne placée à l'arrière de notre bateau, sans perte. C'est cette deuxième option que nous avons choisie.

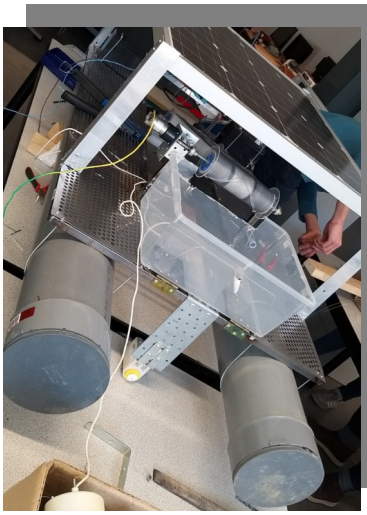
Pour la partie construction du tapis roulant, il a été question d'imaginer un prototype rentable et totalement personnel. Afin de soutenir et de guider le tapis, nous avons dû trouver des cylindres montés sur roulements avec de nouveau le problème des effets néfastes de l'eau, d'autant plus qu'un des cylindres serait constamment immergé. C'est pour cela que nous avons longuement réfléchi avant de trouver l'idée d'utiliser des rouleaux de peinture qui avaient un prix très attractif tout en proposant une excellente qualité de roulement avec seulement du plastique, ce qui limite les effets négatifs de l'eau sur le mécanisme.

Le tapis devra être complètement perméable afin de permettre l'évacuation de l'eau remontée par les déchets. Il a donc été réalisé à l'aide d'une moustiquaire qui présentait toutes les caractéristiques attendues. En raison de la pente assez élevée sur la première portion de la remontée, celle-ci a été adaptée avec des bandes rugueuses afin que les déchets ne retombent pas dans l'eau. Pour ce faire, nous avons réalisé à l'aide d'un pistolet à colle de nombreuses bandes en plastique mou en forme de «V». Nous avons pu constater que cela apportait une différence non négligeable avec de nombreux effets positifs.

C. Automatisation de l'ensemble

Tout d'abord, les pinces étaient censées être motorisées grâce à des servomoteurs afin d'être articulées et commandées à distance via la radiocommande de façon à pouvoir réguler le flux de déchets. En revanche, ce détail engendrait un nombre assez conséquent de problèmes, c'est pourquoi nous avons décidé de nous réunir pour débattre sur le sujet. Nous en avons conclu que l'articulation des pinces, en plus de son utilité superficielle, allait occasionner une dépense d'énergie supplémentaire inutilement, d'où la justification de l'abandon du projet et de la création de pinces fixes.

Le tapis roulant est motorisé par un motoréducteur d'une puissance de 0.3N.M (Newton.mètre) qui consomme une grosse partie de l'énergie par rapport aux autres composants. Il a donc été décidé d'adapter significativement son utilisation. A ce jour, nous envisageons la possibilité de le contrôler avec un capteur qui détecterait les déchets dans l'eau et l'enclencherait en fonction de ce flux. Cependant si cela se révélerait être trop compliqué, notamment en vue de la taille minime de notre prototype par rapport aux potentielles ondulations de l'eau, nous avons toujours la possibilité de modifier le programme de façon à gérer un allumage séquentiel, mais en aucun cas celui-ci n'est destiné à tourner en continu.



Après être passés par les étapes des pinces et du tapis roulant, les détritus ramassés finiront leur périple dans la benne à déchets située à l'arrière du bateau. Ce terminus est réalisé avec une caisse en plastique d'une dimension de 25 cm de large par 12 cm de haut et 30 cm de long. Elle est montée sur 2 charnières car les plans préétablis révèlent la présence d'un vérin qui permettra de monter le socle à 90° afin de vider sa contenance lorsqu'elle sera pleine. Cette benne sera déclarée pleine seulement lorsqu'un capteur de distance situé en amont de celle-ci aura envoyé un message par Bluetooth sur l'application créée. Le capitaine du bateau pourra ainsi décider d'actionner le vérin en temps voulu.

V – Études sur les batteries

Les batteries jouent un rôle essentiel dans notre projet de bateau nettoyeur de milieu aquatique comme dans toute structure qui a besoin d'une alimentation pour fonctionner tout en ne pouvant pas rester branchée à une source extérieure fixe. Elles nous permettent de continuer à faire avancer le bateau et de façon plus générale à le contrôler lorsqu'il est au large hors d'atteinte. Elles restent toutefois compliquées à sélectionner car il existe une large diversité de batteries différentes. Le premier facteur à avoir été pris en compte est le type de batterie en fonction de nos besoins.

A. Choix du type de batterie

Il a donc été question dans un premier temps de déterminer le type de batterie que nous allions prendre. Or deux choix s'offraient à nous : les batteries au lithium et les batteries au plomb. Nous avons commencé par nous renseigner particulièrement sur les batteries au lithium. Leur principal point positif reste leur importante énergie massique, ce qui leur vaut sans doute leur succès sur le marché notamment dans les systèmes embarqués. Cependant, ce type de batterie est tristement connu pour ses défauts au niveau de la sécurité. En effet, elle ne sont pas utilisées en permanence à cause de l'omniprésence du risque d'explosion. De plus, les batteries lithium restent aujourd'hui relativement chères à l'achat. Or, nous nous sommes rendus comte que le facteur de la masse n'était pas forcément important sur notre bateau. Nous avons donc pris la décision de nous concentrer plus particulièrement sur la seconde option qui était celle des batteries au plomb. Celles-ci ont comme principal inconvénient une masse relativement élevée. En effet, la batterie au plomb est celle qui a la plus faible énergie massique qui est d'environ 35 Wh/kg. Cependant, elle est capable de fournir un courant crête de grande intensité et elle présente un coût très attractif, ce qui explique son succès dans le domaine du transport où le poids n'est pas déterminant. C'est ainsi que nous avons préféré partir sur des batteries au plomb étanches. Le premier facteur de la masse ayant été pris en compte, il reste maintenant à choisir les batteries en fonction de la consommation des nombreux composants électroniques présents à bord de la structure.

B. Calcul de la capacité des batteries

Afin de déterminer la capacité des batteries, nous avons dû nous renseigner sur :

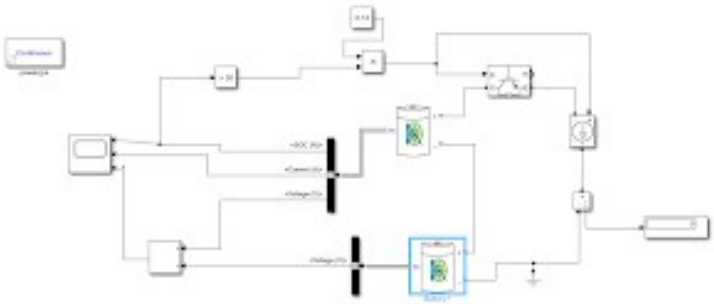
- le dimensionnement de la capacité théorique des batteries :
  Q=I*t
  W=P*t
  W=U*I*t
- la capacité théorique : n*(W/U)
- la capacité réelle : (capacité théorique/0.8)
- Le courant moyen débité sur une journée : I_{MOY} = W/(U*t)
- La tension nominale qui représente la tension d'un élément chargé au repos à 25°C qui correspond à : 2.1V/élément (si c'est une batterie de 24V, il y a 12 éléments soit 12*2.1V = 25.2V)
- La tension de floating qui correspond à la tension à laquelle on peut maintenir en permanence un accumulateur pour être certain qu'il soit chargé au moment où l'on en a besoin : 2.25V/élément à 25°C (dans notre cas 12*2.25V = 27V)
- La tension de charge qui correspond à la tension maximum à laquelle on peut charger la batterie (mais pas la laisser en permanence) : 2.3 V/élément à 2.45V/élément à 25°C (dans notre cas 12*2,3= 27,6 V< U_{charge}< et 12*2,4= 29.4 V)

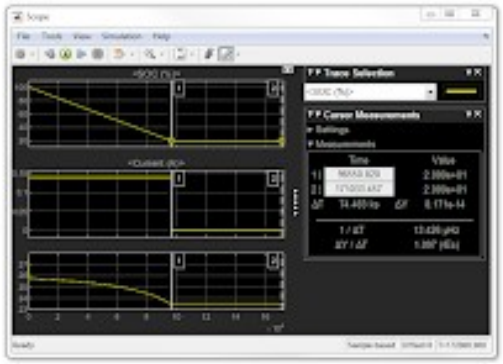
Q=Quantité d'énergie en Coulon (C)
I=Intensité en Ampère (A)
t=Temps en Seconde (s)
W=Énergie en Joule (J ou W.h)
P=Puissance en Watt (W)
U=Tension en volt (V)
n=nombre de jours d'utilisation

Pour obtenir les valeurs sur la capacité des batteries tout en respectant la contrainte qui nous était imposée, à savoir que les composants du bateau doivent pouvoir fonctionner au minimum 24 heures, nous avons étudié chacune de leurs caractéristiques. C'est de la sorte que nous sommes parvenus à répertorier celles-ci ainsi que les résultats des calculs déterminant les données manquantes dans le tableau ci-dessous.

Appareil	Puissance (W)	Intensité (A)	Tension (V)	Nombre	Puissance Totale (W)	Durée d'utilisation (h)	Énergie (W.h)
Servomoteurs de la pince	1,6	0,33	4,8	2	3,2	24	76,8
Moteur du tapis roulant	5.6	0,35	16	1	5,6	24	134,4
Servomoteur du gouvernail	1,6	0,33	4,8	1	1,6	24	38,4
Moteur de l'hélice	3,6	0,3	12	1	3,6	24	86,4

L'énergie totale consommée par le bateau sur une durée de 24 heures avec tous les composants en marche constante est de 336 Wh soit un courant moyen de 0.58A, (I_{moy} = Wh_{max}/(24*24)), ce qui correspond à des batteries ayant un prix au alentour de 60€ par batteries ce qui nous revient assez cher.





Nous avons alors opté pour une estimation plus proche de la réalité en adaptant l'utilisation des composants en fonction de nos besoins. Nous avons noté les résultats dans le tableau ci-dessous :

Appareil	Puissance (W)	Intensité (A)	Tension (V)	Nombre	Puissance Totale (W)	Durée d'utilisation (h)	Energie (Wh)
Servomoteur de la pince	1,6	0,33	4,8	2	3,2	0.5	1,6
Moteur du tapis roulant	5.6	0,35	16	1	5,6	6	33,6
Servomoteur du gouvernail	1,6	0,33	4,8	1	1,6	1	1,6
Moteur de l'hélice	3,6	0,3	12	1	3,6	12	43,2

L'énergie totale consommée par le bateau après adaptation des durées d'utilisation des composants en marche est de 80 Wh soit un courant moyen de 0.14A, (I_{moy} = Wh_{max}/(24*24)). Cela nous est avantageux, grâce aux simulations la batterie minimum requise doit avoir une capacité de 4,5Ah , cela est peu coûteux à savoir moins de 15€. Les batteries à dispositions en salle de projet sont des batteries de 7Ah et 9Ah. Cette différence nous assure une marge d'erreur afin d'augmenter le temps d'utilisation du bateau, notamment dans une situation de mauvais temps qui ne permettrait pas une charge suffisante.

VI – Motorisation du bateau

La première étape consistait à répertorier chaque moteur. Nous avons dénombré au total un servomoteur par pince (c'est à dire deux) ainsi qu'un autre pour le gouvernail. Il y aura également le moteur principal qui propulsera le bateau et enfin un dernier moteur (qui est un motoréducteur) entraînant le tapis, ce qui fait une totalité de 5 moteurs.

A. Motorisation des pinces

Pour déterminer le servomoteur à utiliser idéalement, nous nous sommes basé sur nos expériences. Nous avons fixé un dynamomètre sur le centre de gravité de la pince que nous avons immergée au ¾ dans l'eau d'une cuve. Nous avons par la suite exercé une force jusqu'à ce que la pince se mette en mouvement. Une fois cette valeur trouvée, nous avons calculé la force en un point précis à l'aide de la formule M=F*d (où M = Moment en Newton.mètre (N.m), où F = Force en Newton (N) et où d = distance en mètre (m)). La force mesurée au centre de gravité est de 2N et ce point se trouve à 12cm de distance de la liaison pivot où se situe le servomoteur. Nous pouvons donc calculer le moment de cette force à la liaison pivot grâce à la relation :

M = F*d
M = 2x0.12
M = 0.24 N.M

Cependant, nous rappelons que l'automatisation des pinces initialement prévue a finalement été abandonnée comme décrit dans le paragraphe *IV – C) Automatisation de l'ensemble*

B. Motorisation du tapis roulant

Pour ce qui concerne le moteur du tapis roulant, nous avons également du calculer la force nécessaire pour le mettre en mouvement grâce à une expérience. Pour ce faire, nous avons accroché une barre de 100 g de 30 cm de long à l'horizontale et à l'endroit où sera fixé le moteur par la suite. Nous avons constaté que la force et le moment exercé par la barre permettent tout juste de faire tourner le tapis.

Nous avons donc pu facilement calculer le moment exercé par cette barre grâce à la même relation que précédemment à savoir :

F = m*10 = 0,030*10 = 0,3 N
M = F*d
M = 0.3*1
M = 0.3N.M

Pour faire tourner ce tapis roulant, le lycée nous a fourni un motoréducteur adapté fonctionnant sous une alimentation de 24 V. Pour cela, nous l'avons raccordé à notre tapis et nous avons fait progressivement augmenter la tension (et l'intensité par conséquent) jusqu'à atteindre la vitesse souhaitée. Nous avons branché un voltmètre et un ampèremètre pour nous informer sur la tension et l'intensité à laquelle nous allions le faire fonctionner. Notre choix final sera donc sur une tension de 16 V avec une intensité de 0.35A. Si nous avions eu la possibilité de choisir un moteur sur mesure, notre choix se serait plutôt orienté sur un motoréducteur avec un couple de 0.3N.M minimum et une vitesse de rotation 30 tours/minute sous 12 V.

B. Moteur principal

Tout d'abord, nous avons du calculer la puissance nécessaire pour faire avancer le bateau à une vitesse de 0.5 m/s, imposée par le cahier des charges. Or nous avions mesuré précédemment que environ 8,5 N étaient nécessaires pour déplacer l'engin à cette vitesse. Nous avons ainsi pu calculer cette puissance grâce à la formule P=F*v (où P = Puissance en Watt (W), où F = Force en Newton (N) et où v = vitesse en mètre*seconde^{-1} (m.s^{-1})).

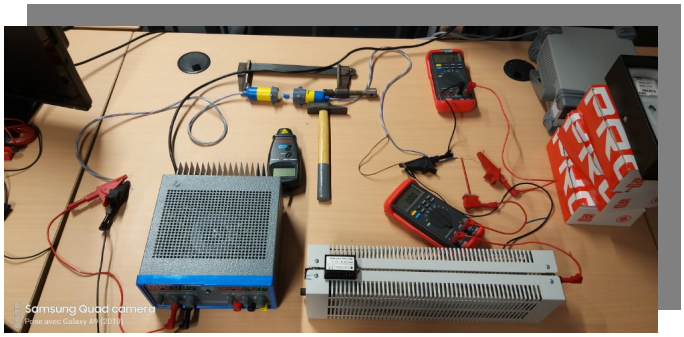
P=F*v
P=8.5*0.5
P=4.25 W

Il faudra donc au minimum un moteur de 4.25W

Ensuite, un ancien groupe avait utilisé des pompes à eau comme moteur, nous avons donc décidé de chercher leur puissance mécanique pour essayer de les réutiliser dans la mesure du possible. Cependant, seules les tensions d'alimentation maximales sont répertoriées sur les fiches techniques. C'est pourquoi nous avons dû réaliser une expérience de grande ampleur de façon à trouver les différentes caractéristiques manquantes comme le couple de la puissance mécanique.

Le montages réalisés comprenaient un générateur, deux « pompes », un fréquencemètre, un voltmètre, un ampèremètre et un potentiomètre.

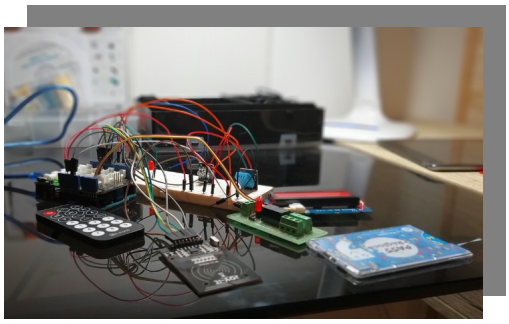
Il a tout d'abord fallu relier mécaniquement les deux pompes entre elles. Le but de ce montage est d'alimenter un moteur à une tension choisie avec le générateur, puis le deuxième moteur sert de récepteur. C'est sur ce dernier que nous allons effectuer les mesures. Le potentiomètre a pour but de modifier la résistance de façon à faire varier la tension et l'intensité.



Après voir effectué et répertorié de nombreuses mesures d'intensité et de tension utiles et absorbées ainsi que des mesures de fréquence, que nous avons classées dans un tableur, nous avons pu calculer le couple grâce à la formule $C=P_u/V$ (où C=Couple en Newton.mètre (N.m), où P_u=Puissance utile en Watt (W) et où V=Vitesse angulaire en radian/seconde (rad/s)). Nous pouvons calculer p_u grâce à la formule $P_u=\eta*U_0*I_0$ (où U_0 et I_0 sont la tension et l'intensité fournies par l'alimentation et où η est le rendement total des deux moteurs) et V grâce à la formule $V=(2\pi*N)/60$ (où N est le fréquence mesurée avec le fréquencemètre). Nous avons réalisé cette expérience avec différentes tensions ce qui nous a permis de choisir la meilleure, c'est à dire celle pour laquelle il y a la puissance mécanique et le couple nécessaire. Ces tests ont été effectués avec des tensions de 4V, 7V, 9V, 12V et 14V. Nous en avons ainsi déduit que la tension minimale à fournir était strictement supérieure à 7V, c'est pourquoi la tension choisie a été 9V. Il était toutefois inutile de choisir une tension de 12V ou 14V où la puissance mécanique et le couple seraient également suffisants, mais cela entraînerait une surconsommation d'énergie inutilement.

VII – Programmation et automatisation du système embarqué

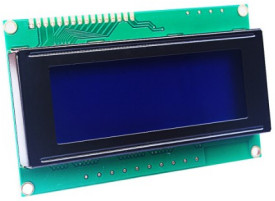
A. Présentation du programme



Toute la partie programmation à été réalisée sur la base de la carte Arduino méga. Le programme peut globalement se décomposer en quatre grandes parties. La première partie appelée le « SetUp » ne s'effectue qu'une seule et unique fois à chaque nouvelle mise sous tension de la carte. Cette étape est primordiale pour initialiser chaque composant avant leurs utilisations. La seconde partie est la boucle qui s'effectue lorsque le bateau est verrouillé, seul un message est diffusé sur l'écran LCD en attendant que le capteur RFID détecte une carte afin d'autoriser l'accès au bateau. Une fois cet accès autorisé, le programme entre dans la troisième partie qui est la boucle principale. La principale fonction de cette boucle est de tester les capteurs ultrason pour pouvoir détecter dans les plus brefs délais toute anomalie. Elle comporte également le programme gérant la télécommande mais aussi ceux des diffuseurs d'informations à savoir l'émetteur sonore et lumineux, le récepteur Bluetooth et l'écran LCD. La quatrième et dernière partie est une boucle toujours dépendante de la boucle de verrouillage mais tournant en « parallèle » avec la boucle principale. Cela concerne seulement le clignotement du gyrophare qui est géré avec l'horloge interne de la carte Arduino, car nous ne pouvions en aucun cas nous permettre d'utiliser la fonction « delay », qui aurait monopolisé toute action pendant son utilisation.

B. Présentation des composants électroniques

✗ **Écran LCD : «** LCD » est l'abréviation du terme anglais "Liquid Crystal Display" qui signifie en français "Écran à cristaux liquides", d'où son nom afficheur LCD, qui nous indique également que celui-ci est constitué de cristaux liquides. Il joue le rôle d'interface visuelle entre la partie électronique et l'homme. Il a ici été incorporé afin de transmettre les informations utiles de notre système au capitaine du bateau. Il affichera donc certaines données comme les différentes actions à effectuer pour pouvoir faire naviguer le bateau mais aussi les messages d'alerte d'obstacles ou de remplissage de la benne.



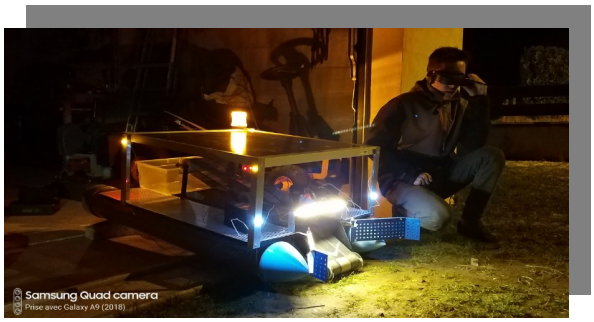
✗ **Capteur à ultrasons :** Un capteur à ultrasons émet, à intervalle de temps régulier, de courtes impulsions sonores à haute fréquence. Ces impulsions se propagent dans l'air à la vitesse du son. Lorsqu'elles rencontrent un objet, elles se réfléchissent et reviennent sous forme d'écho au capteur. Celui-ci calcule alors la distance le séparant de la cible sur la base du temps écoulé entre l'émission du signal et la réception de l'écho.

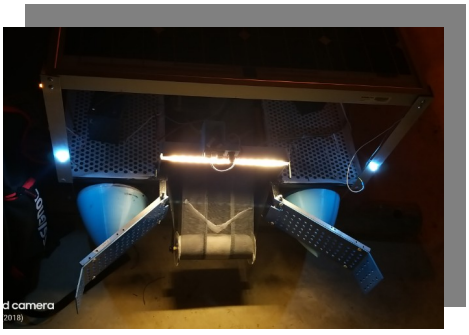
✗ **Capteur RFID :** L'acronyme RFID signifie «Radio-Frequency Identification». Cette technologie utilise des données numériques codées dans des étiquettes RFID ou « tags », qui pourront être capturées par un lecteur via des ondes radio. Le capteur RFID est similaire aux codes barres dans la mesure où les données d'une étiquette sont capturées par un appareil qui va les stocker par la suite. Celui-ci présente toutefois un gros avantage par rapport aux systèmes utilisant des codes barres : il ne nécessite aucun scanner optique.

✗ **Télécommande :** Le principe de fonctionnement de ce composant électronique reste assez simple. L'émetteur envoie les informations codées sous forme d'un signal infrarouge capable d'être lu et compris par le récepteur. Cette information est ensuite traduite en signal électrique très faible qui est amplifié. Il joue ici le rôle d'interrupteur à distance pour commander certains autres composants du bateau comme les phares, le gyrophare ou encore le verrouillage du bateau.

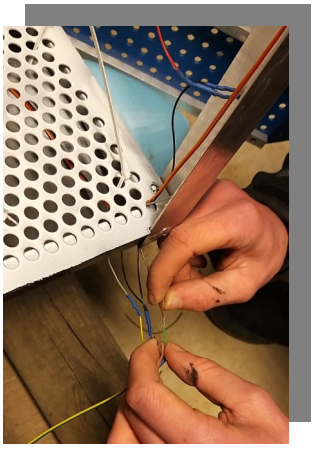
- **Module Bluetooth :** Le récepteur HC-05 est une interface assurant la communication entre les informations détenues par la carte Arduino fournies par les capteurs et un smartphone, de façon à être transmis en direct à un humain. Il peut communiquer sans fil à moyenne distance avec n'importe quel autre dispositif Bluetooth (ordinateur, smartphone ou encore avec un second module Bluetooth sur une autre carte Arduino).

- **Système d'éclairage :** Afin de pouvoir respecter la contrainte imposée par notre cahier des charges à savoir naviguer de nuit, nous avons équipé notre bateau avec de nombreux systèmes d'éclairage. En effet si le bateau ne possède pas cela, il serait difficilement contrôlable en milieu nocturne car les radars seraient les seuls outils sur lesquels nous pourrions nous baser. Or ceux-ci ne sont pas assez fiables car ce ne sont que des sécurités et non des outils de navigation principaux. La caméra embarquée n'a pas de vision nocturne, c'est pour cela nous avons installé une bar LED à l'avant du prototype, afin de créer des phares en consommant le moins d'énergie possible. Nous avons également installé 2 LED blanches sur les supports avant du panneau solaire, de façon à pouvoir adapter l'éclairage en fonction de nos besoins. Les côtés du bateau sont éclairés par des LED jaunes clignotantes et placées en hauteur sur le support du panneau photovoltaïque en plus d'un gyrophare, afin que le bateau puisse être repéré par les autres navires. Pour finir, 2 LED rouges équipent l'arrière de la maquette avec pour fonction principale de permettre de différencier l'avant de l'arrière dans une navigation à vue la nuit.



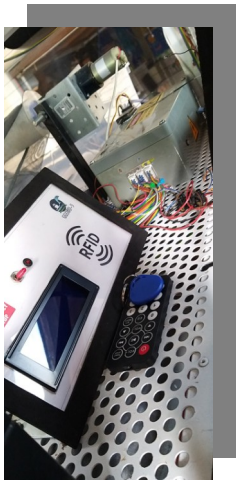


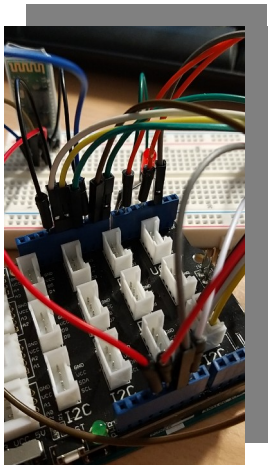
C. Montage électrique



Tous les composants électroniques nécessitent une alimentation électrique. Or, la tâche est d'autant plus complexe que le bateau n'est pas destiné à rester fixe mais mobile. Cela engendre donc l'impossibilité de branchement de l'infrastructure sur secteur et par conséquent la nécessité de présence de batteries intégrées sur le châssis. Le gyrophare, les capteurs, les LED et le panneau de contrôle sont répartis sur l'ensemble du bateau, ce qui suggère de relier tout

cela grâce à des fils de connexion munis de gaines afin d'être étanches en cas de contact avec l'eau. Cependant, cela n'est pas la principale difficulté. En effet, nous avons pu constater que chaque différent composant avait ses exigences au niveau de la tension. La présence du motoréducteur en 16 volts par exemple, nous imposait un minimum de deux batteries de 12 volts. Le moteur principal du bateau fonctionne lui sous une tension de 9 volts, ce qui nous oblige à utiliser des régulateurs de tension. Si le problème de la régulation de tension semble être réglé, nous ne sommes pas sans savoir que le mélange entre l'eau, l'électricité et les composants électroniques n'a jamais fait de miracles. Nous avons dû prendre des mesures en conséquence, de façon à assurer la sécurité du matériel. La carte Arduino ainsi que certains autres composants comme les relais seront donc placés dans une boite étanche au centre du bateau. La connexion entre l'intérieur de la boite et l'extérieur est assurée par trois prises de 9 broches. De plus, tous les fils utilisés seront gainés et toutes les soudures recouvertes de gaine thermorétractable. Cette partie essentielle mobilise de nombreuses connaissances dans le domaine de l'électricité, en passant par des schémas électriques jusqu'à la soudure.





VIII – Recherches sur les panneaux photovoltaïques

A. Panneaux solaires au silicium

Une installation photovoltaïque domestique est composée de deux éléments : les panneaux solaires et l'onduleur. Les panneaux solaires mesurent en moyenne 1m70 de hauteur sur 1m de largeur. Ils sont composés de cellules de silicium, que l'on appelle plus couramment cellules photovoltaïques, capables de capter la lumière du soleil puis de la transformer en électricité. Ces panneaux produisent un courant continu, or la plupart des appareils du quotidien consomment un courant alternatif d'où le rôle de l'onduleur. Il a effectivement pour but de transformer le courant continu produit par les panneaux solaires en courant alternatif utilisable dans les habitations ou dans le réseau électrique. Cependant, aucun onduleur ne sera utilisé dans ce projet puisque tous les composants électroniques de notre bateau consomment un courant continu. C'est pourquoi nous allons particulièrement nous intéresser aux cellules photovoltaïques et non aux onduleurs.

Aujourd'hui, 90 % de la production de panneaux solaires repose sur la technologie silicium. Nous pouvons retrouver 4 étapes principales dans la fabrication :

- ✗ Un gros lingot de silicium est fabriqué.

- ✗ Ce lingot est ensuite découpé en multiples tranches. Si chaque tranche parvient d'un lingot unique, nous pouvons alors qualifier les cellules de monocristallines. En revanche, si ces tranches proviennent de plusieurs blocs, nous pouvons alors parler de cellules polycristallines.

- ✗ Les tranches sont par la suite soumises à de complexes procédés physico-chimiques afin de les transformer en « semi-conducteurs » photovoltaïques, c'est-à-dire des cellules capables de créer un mouvement d'électrons (donc d'électricité) grâce aux photons (qui sont les particules des rayons du soleil).

- ✗ Pour finir, les panneaux solaires sont assemblés. Cette étape a pour but de connecter les cellules entre elles et de les encapsuler. Concrètement, l'encapsulation permet au panneau solaire d'être hermétique à l'air et à l'humidité. Cette étape est particulièrement importante car c'est elle qui va avoir des répercussions sur la durée de vie du panneau solaire.

B. Deux types de panneaux

Les panneaux solaires monocristallins sont actuellement les plus performants du marché. En effet, leur processus de fabrication est complexe mais ils bénéficient de meilleurs rendements compris entre 16 à 24 %, la plupart du temps supérieurs à 20 %. Ils possèdent une couleur uniforme gris-noir métallique et l'absence de rainurage le rend plus discret et plus esthétique.

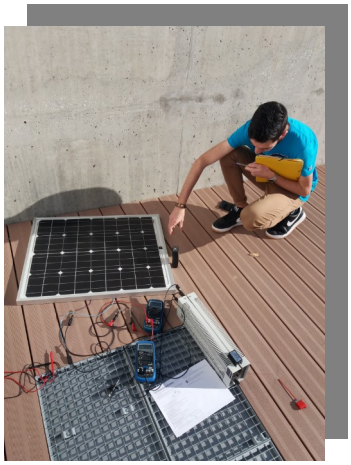
Les panneaux solaires polycristallins sont fabriqués à partir de chutes de morceaux de silicium fondus, refroidis (ce qui explique leur couleur bleue non homogène) et assemblés grâce à un processus plus rapide et économique. Ils sont donc légèrement moins performants puisqu'ils offrent des rendements compris entre 14 et 18%.

Ce sont les panneaux solaires polycristallins de 275 Wc qui bénéficient aujourd'hui des prix les plus faibles pour des rendements honorables. Ils sont le plus souvent privilégiés pour les grands parcs au sol. Cependant, ils présentent toutefois deux défauts majeurs, tout d'abord, Ils sont souvent inesthétiques. De plus, ils ont une puissance réduite et demandent donc plus de place que des panneaux monocristallins pour obtenir la même puissance. Il faut 11 panneaux (plus de 20m²) pour une installation de 3kWc avec ce type de panneaux polycristallins contre moins de 10 avec du matériel haut de gamme.

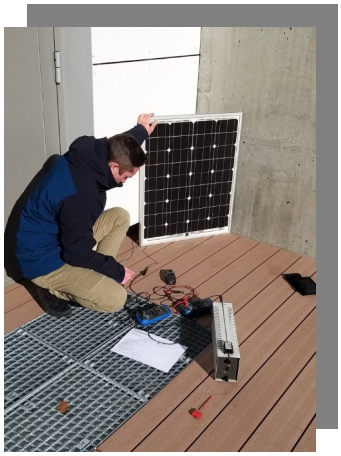
Il existe donc une alternative : actuellement, la majorité des personnes installant des panneaux solaires sur leur maison choisissent les panneaux « full black » de 300Wc. Ces panneaux présentent un compromis idéal entre esthétique et technologie, permettant d'obtenir des rendements importants.

Le lycée nous a fourni un panneau photovoltaïque en stock, qui était plus ou moins adapté pour notre bateau, mais que nous n'avons pas pu choisir. Celui-ci est un panneau solaire monocristallin de la marque « SolarWorld ». Il a maintenant été question d'étudier plus précisément les caractéristiques de ce panneau en question dans son lieu d'utilisation, en fonction de l'ensoleillement à disposition

C. Détermination expérimentale de l'énergie fournie



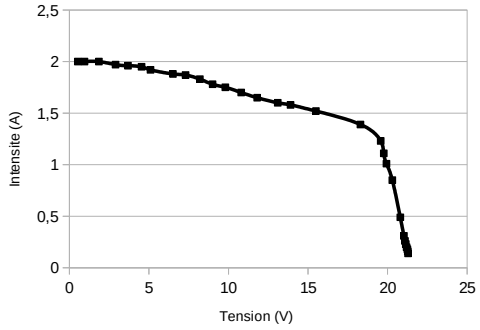
Afin de déterminer l'énergie réellement fournie par le panneau photovoltaïque et de la comparer aux valeurs théoriques proposées par le constructeur, nous sommes allés concrètement effectuer des mesures sur le lieu de l'exploitation du bateau. Dans cette expérience, il a été question de mesurer la tension et l'intensité du courant fournies par la cellule. Pour cela, nous avons commencé par mesurer la valeur de l'ensoleillement grâce à un Solarimètre pour mesurer une valeur en Watt/mètre^2. Ensuite, nous avons branché un Voltmètre en dérivation à la sortie du panneau ainsi qu'un Voltmètre aux bornes d'une résistance de 1Ω de façon à obtenir directement l'intensité grâce à la formule Intensité=Tension/Résistance. Nous ne pouvions pas utiliser un Ampèremètre à cause de sa forte résistance interne. Nous avons également intégré un potentiomètre en série dans le circuit de façon à pouvoir faire varier la résistance et ainsi effectuer de multiples mesures.



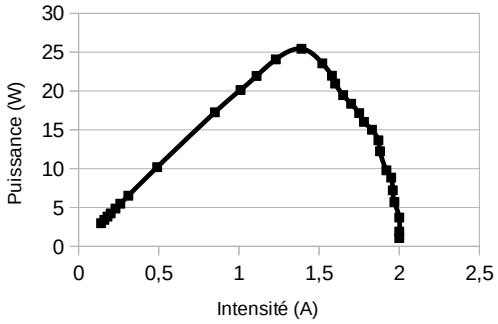
La démarche suivie a été de récupérer ces donnés de façon à pouvoir calculer la puissance utile grâce à la formule Puissance=Tension*Intensité. Nous avons donc effectué une trentaine de mesures en faisant à chaque fois varier la résistance du potentiomètre. Toutes les valeurs récupérées ont été rentrées dans un tableur pour pouvoir révéler informatiquement les courbes ci-contre, qui nous confirment ou non de nombreuses informations constructeur. Nous nous sommes alors rapidement rendus compte de la différence non négligeable de la réalité et de la théorie.

! Les résultats présentés ci-dessous ont été mesurés avec un ensoleillement de 225 W/m² avec une inclinaison de 0° !

Graphique [1] de l'intensité du courant en fonction de la tension fournie par le panneau solaire



Graphique [2] de la puissance délivrée en fonction de l'intensité fournie par le panneau solaire



Les courbes ci-dessus nous ont permis de nous informer sur plusieurs caractéristiques de notre panneau photovoltaïque dans son lieu d'utilisation. Ces informations sont essentielles pour adapter au maximum notre montage électrique de façon à obtenir le meilleur rendement possible. Nous avons pu constater par lecture graphique [2] que la puissance crête fournie par la cellule était d'environ 25 W pour une intensité de 1,4 A, ce qui correspond à une tension d'environ 18 V d'après lecture graphique[2]. Nous avons alors choisi une tension normalisée de 12 V pour nos batteries, ce qui se rapprochait beaucoup de 18 V tout en étant bien moins coûteux et plus pratique que ces dernières. Notre panneau nous fournira donc une tension de 12 V, une intensité d'environ 1,6 A d'après lecture graphique[1] et une puissance de 21 W d'après lecture graphique[2], ce qui engendre une différence minime.

Conclusion

Ce projet nous a appris à travailler en groupe en nous faisant confiance. En effet, la répartition des tâches a été essentielle et le travail de chacun a donc immédiatement pris une importance capitale pour assurer la réalisation complète du projet dans les temps. Il nous a appris à être patient ainsi qu'à faire des choix lorsque ceux préétablis n'étaient finalement pas réalisables. Notre capacité à partager et apprendre des connaissances et des expériences de chacun, tant au niveau informatique avec la programmation que lors de la construction du bateau, nous a permis de pouvoir obtenir des résultats concluants.

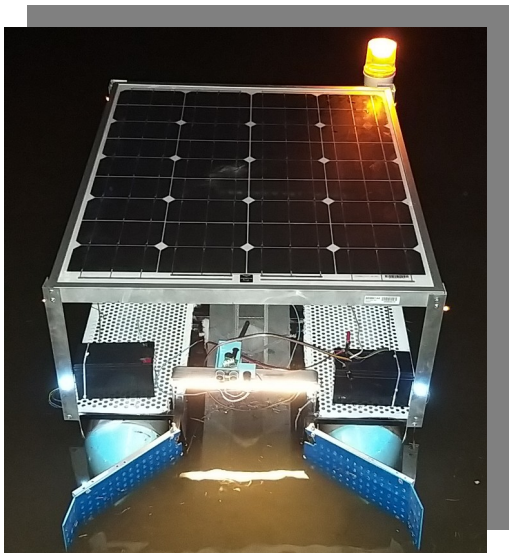
C'est donc après plus de 40h de projet accompagné par nos professeurs encadrants ainsi que des dizaines heures supplémentaires accumulées depuis le 16 septembre à travailler en dehors des cours, que nous arrivons à un prototype qui n'a rien à envier au vrai bateau. En effet, non seulement celui-ci fonctionne parfaitement, que ce soit au niveau du tapis roulant, de l'hélice, de la flottabilité, de la programmation, des batteries ou encore de la benne récupératrice, mais il est en plus autosuffisant en énergie et donc non polluant, ce qui l'inscrit totalement dans une perspective de développement durable, ce qui est actuellement d'une importance capitale.

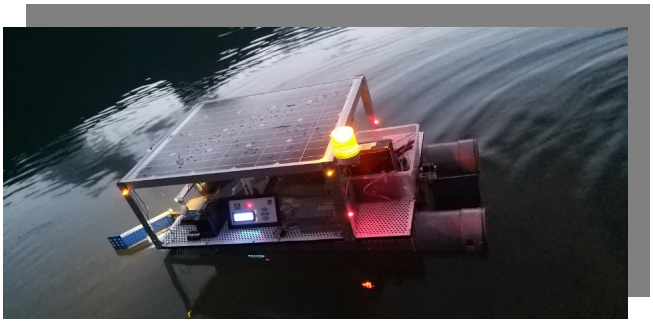
Remerciement

Tout d'abord, nous tenons tout particulièrement à remercier nos professeurs encadrants, à savoir M[r] CIRON, M[r] DUBETTIER-GRENIER et M[r] LIZON-AU-CIRE, qui ont toujours su nous partager généreusement leur temps, que ce soit le vendredi matin en classe et toute la semaine pendant les heures libres, de façon à nous accompagner au mieux pour nous aider à réaliser notre projet. Nous remercions aussi notre lycée, qui nous a fourni tout le matériel et le budget nécessaires à la réalisation de la maquette, mais aussi pour le prêt de différents outils. Pour finir, il nous tient à cœur de remercier tous nos camarades de classe qui nous ont particulièrement soutenu et encouragé dans notre projet d'intégration au concours Cgénial.

L'intervention et les rencontres avec M[me] KHELIL Imen, directrice de développement au seins de l'entreprise Schneider Electric, nous a été d'une grande aide. Cela a fait naître de nombreuses pistes de réflexion, ce qui a immédiatement instauré une organisation remarquable dans le groupe, tout en donnant du sens à notre projet. Nous sommes donc très reconnaissants à l'égard de M[me] KHEHIL, qui a été pour nous tous une très belle rencontre, agréable et instructive.

La réalisation d'une telle maquette serait sans aucun doute impossible sans l'entreprise UGITECH. En effet, c'est cette entreprise à rayonnement international basée à Ugine, ville de notre lycée, qui a fourni la major partie de notre budget.





Sources et références

- **21/10/19**

  Création du logo : https://fr.freelogodesign.org/

- **08/11/19**

  Fiche technique panneau solaire : https://batterie-marine.com/energie-a-bord/116-panneaux-solaire-solarworld-sw80-mono-rha.html

- **10/11/2019**

  Documents techniques poussée d'Archimède : https://fr.wikihow.com/calculer-la-poussée-d'Archimède

  Documents techniques ligne de flottaison : http://tpeflottabilitepb.e-monsite.com/pages/la-ligne-de-flottaison.html

- **27/11/2019**

  Potentielle batterie : https://www.battery-direct.fr/Batterie-BP7-12.html?gclid=Cj0KCQiA2vjuBRCqARIsAJL5a-IbG0GOtPToyIRv2GStV8VPQMnknMOE8memWs-NZFOXP8k0cTDKwm0aAug0EALw_wcB

- **29/11/2019**

  Fiche RFID : https://www.gotronic.fr/pj2-sbc-rfid-rc522-fr-1439.pdf

- **13/12/2019**

  Fiche hélices : http://seme.cer.free.fr/plaisance/helices-et-propulsion.php

  Vidéo hélices : https://www.youtube.com/watch?v=mxiKZGRLXKs

  Calcul puissance moteur : http://navi.modelisme.com/article559.html

  Achat moteur : https://www.technic-achat.com/moteur-compact-6w,fr,4,2IK_XX.cfm
  https://www.fnac.com/mp40238859/24V-ROV-sous-marine-Propulseur-DS-01-Moteur-2-4kg-etanche-a-l-eau-Thrust-helice/w4#omnsearchpos=4

  Fiches utiles calculs : http://lesitedepascal.net/calculs.h

  https://www.ocqueteau.com/medias/ocqueteau/infos_et_articles/technique/Choisir le moteur de votre bateau.pdf

- **20/12/2019**

  GPS : http://wiki.seeedstudio.com/Grove-GPS/#resources - https://www.redohm.fr/2015/03/utilisation-du-module-gps-grove-sen10752p/

- **04/01/2020**

  Paramètres de flottabilité https://fr.wikipedia.org/wiki/Flottabilité
  https://www.fondation-lamap.org/fr/page/11113/flotte-ou-coule-a-quelles-conditions-etude-de-parametres

- **17/01/2020**

  Capteur distance : *http://www.ihm3d.fr/httpwww-ihm3d-frcapteur-ultrason-hc-sr04.html*

  Buzzer : *https://www.maxbotix.com/Arduino-Ultrasonic-Sensors-085/#coding-1*

  Carte son : *http://home.roguerobotics.com/documentation/rmp3/*

- **31/01/2020**

  Panneaux photovoltaïques : *https://www.insunwetrust.solar/blog/le-solaire-et-vous/choisir-panneau-solaire/#differences_panneaux_solaires* - *https://www.insunwetrust.solar/blog/le-solaire-et-vous/panneau-photovoltaique/*

  Caractéristiques ensoleillement Ugine : https://www.annuaire-mairie.fr/ensoleillement-ugine.html

- **07/02/2020**

  Kit enceinte : *https://www.gotronic.fr/art-kit-2165b-653.htm*

  Programme arduino timer : *http://www.toptechboy.com/arduino/arduino-lesson-28-tutorial-for-programming-software-interrupts/*

- **17/02/2020**

  Site CGENIAL : *https://www.cgenial.org/82-nos-actions/145-concours-c.genial*

  Site science à l'école : *http://www.sciencesalecole.org/concours-c-genial-presentation/*

  Anciens projets concours : *http://www.sciencesalecole.org/finale-nationale-du-concours-c-genial-finalistes/*

- **19/02/2020**

  Motoréducteur 12v 0.3N.M : *https://french.alibaba.com/g/0.3nm-torque-12v-mini-dc-motor.html*