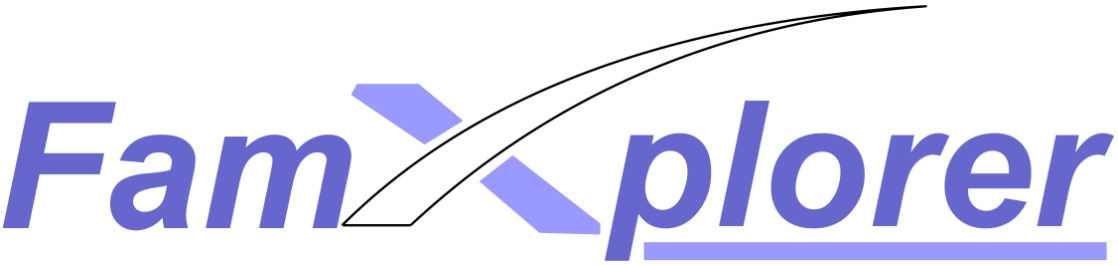
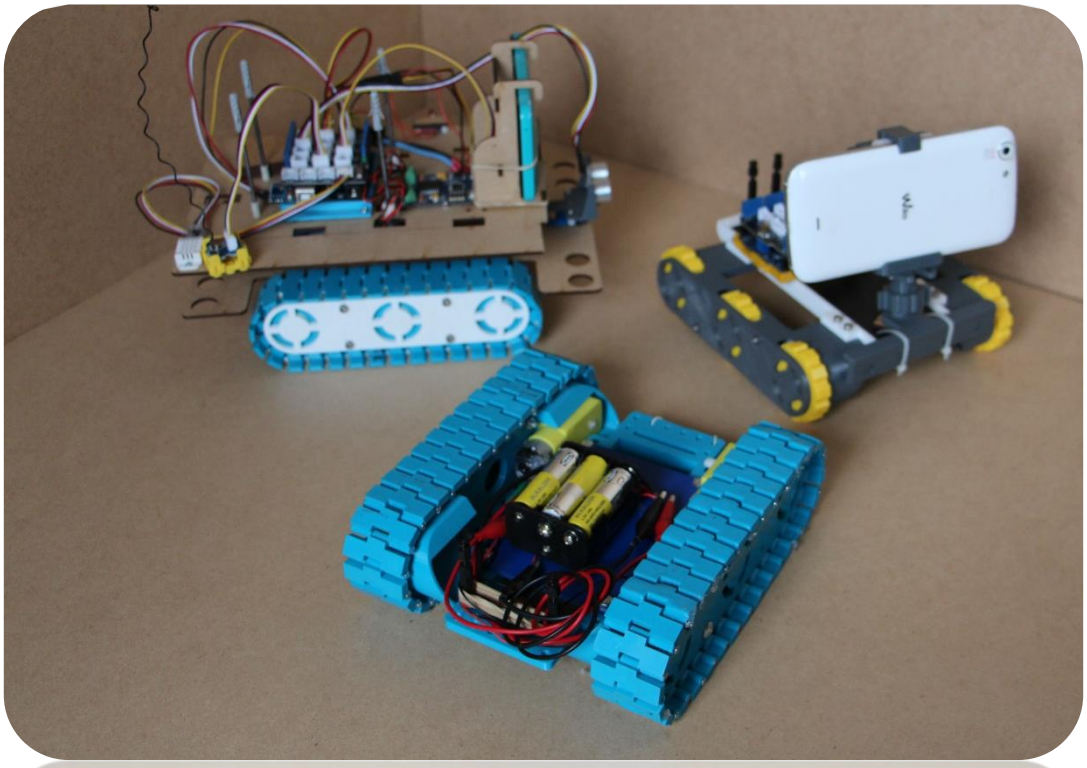
Collège Charles de Gaulle – 57290 FAMECK

Projet





1/ Introduction

A partir de la problématique et de documents sur l'exploration sous-marine ou spatiale, d'intervention dans des milieux hostiles (radioactif : centrale nucléaire de Cattenom à proximité), les élèves s'approprient le thème.

Notre projet portera particulièrement sur l'exploration spatiale, avec une approche des différentes sondes envoyées en direction de planètes plus ou moins lointaines. Dernièrement le robot Philéa et son exploration de la comète Tchouri ont fait l'actualité.

Ils devront explorer une « mytho comète », inconnue jusqu'alors, dont une sonde spatiale a révélé l'existence. L'étude des photos permettra la rédaction d'un cahier des charges pour la conception d'un robot explorateur.

Débutera alors l'investigation scientifique, quelles informations allons nous recueillir ?

Comment le robot va-t-il se déplacer ? Quelle est la nature du sol ?

De quels capteurs disposons-nous ?

Comment transmettre ces informations lointaines ?

Le robot est-il automatique, piloté à distance ou les deux ?

Comment recueillir des images fixes ou animées et les transmettre ?

Du fait de la distance, les durées de transmissions ne sont pas négligeables ! Peut-on dans ce cas télécommander le robot ?

2/ Problématique

Comment l'homme peut-il explorer ou intervenir dans un environnement hostile ou difficile d'accès pour lui, recueillir des informations de différentes natures sur ce milieu, voire de les analyser à distance ?

3/ Développement

Il n'est pas possible de vous rendre compte en une dizaine de pages de plusieurs mois de travail sur le sujet. Dans la suite de ce document, nous ne traiterons qu'une partie de notre projet.

Dans un premier temps nous avons observé et étudié un aspirateur robot.

Voici quelques exemples des synthèses de nos observations et questionnements.

« L'aspirateur-robot est autonome, il se déplace sur une surface plane et horizontale, en suivant une trajectoire aléatoire ou sous forme de spirale lors du nettoyage d'un endroit en particulier. Sous l'appareil, se trouvent deux roues motrices, dont nous déduisons qu'elles sont montées sur des moteurs alimentés en énergie électrique, qui assurent le déplacement. Une roue folle (comme sur les caddies ou les chaises de bureau) forme un troisième point d'appui pour assurer la stabilité de l'appareil. ***On peut s'interroger sur ce qui permet les changements de direction ? »***

« Placé sur une table pour simuler l'approche des escaliers, l'aspirateur-robot s'arrête et change de direction dès qu'il arrive au bord. ***Il semble détecter le vide ! Comment est-ce possible ? »***

« Lorsqu'il rencontre un obstacle, par exemple : murs, pieds de chaise… nous observons un léger contact et l'aspirateur-robot change de direction. A l'avant de l'appareil se trouve une pièce mobile, qui joue le rôle de parechoc. ***Le contact avec le meuble donne une information au robot : présence d'un obstacle. Mais comment fonctionne le système ? »***

L'appareil doit répondre au besoin de l'utilisateur. Voici les fonctions de service que nous avons trouvées.

FS1 : Ramasser la poussière
FS2 : Stocker la poussière

FS3 : Se déplacer dans la pièce

Le robot doit se déplacer dans une pièce de l'habitation, c'est-à-dire, sur une surface plane horizontale quel que soit la nature du revêtement de sol : parquet, plastique, carrelage, moquette… Il doit être capable de monter sur les tapis, gérer les seuils de porte, les dénivelés… sans rester bloqué. Il doit pouvoir avancer, reculer, s'arrêter, changer de trajectoire…

Critères d'appréciation :

- **Vitesse de déplacement** en m/mn
- **Hauteur de franchissement** : en mm ou cm
- **Angle de giration** : en degrés

FS4A : Détecter les obstacles et les éviter (murs, meubles…)

Le robot doit se déplacer dans une pièce de l'habitation, c'est-à-dire, sur une surface plane horizontale. Il doit être capable de détecter la présence d'un meuble et de l'éviter mais aussi de nettoyer sous ce meuble.

Critères d'appréciation :

- **Distance de détection** en mm ou cm
- **Hauteur des pieds du meuble sous lesquels le robot peut se glisser** en mm ou cm

FS4B : Détecter les obstacles et les éviter (escaliers…)

Le robot doit se déplacer dans une pièce de l'habitation, c'est-à-dire, sur une surface plane horizontale. La présence d'escaliers ou de dénivelés plus ou moins importants peut provoquer des dommages en cas de chute. Le robot doit anticiper en détectant et en évitant le vide.

Critères d'appréciation :

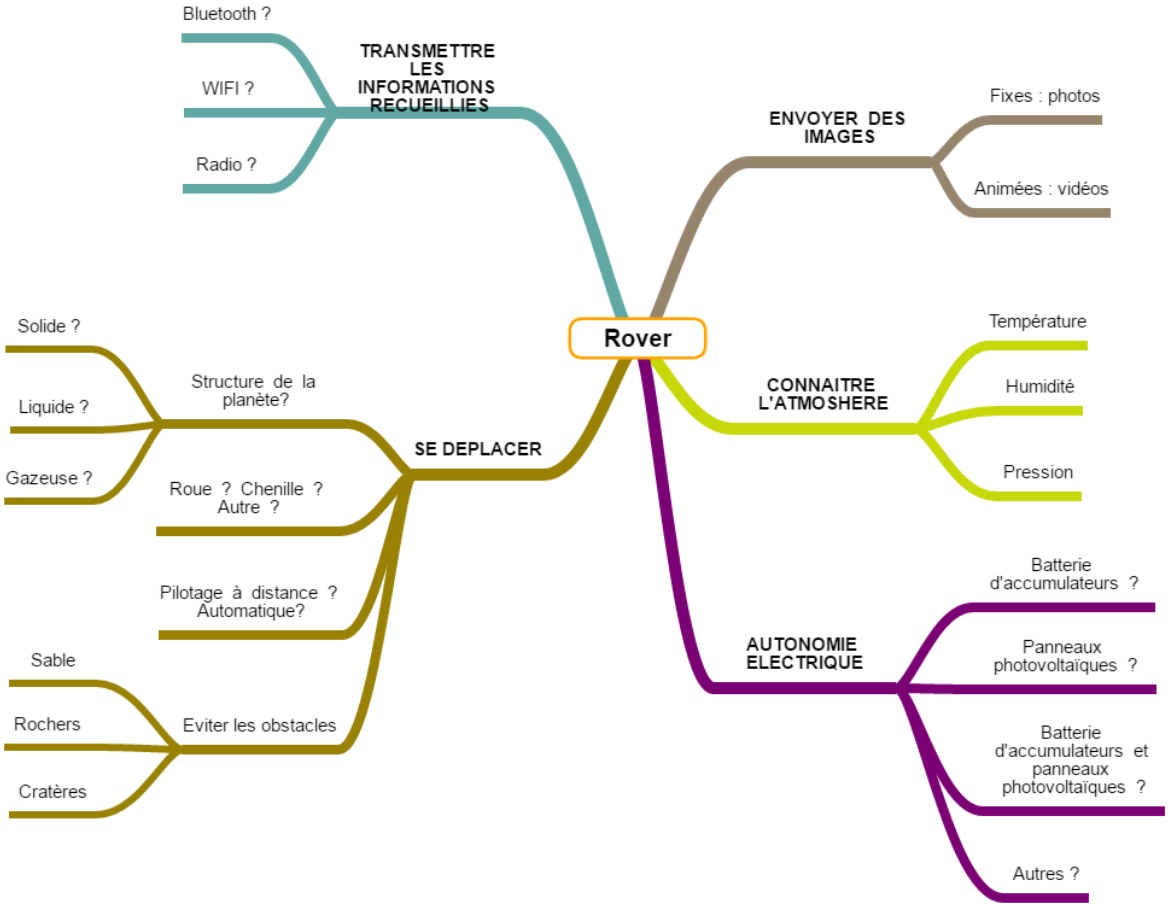
- **Hauteur de vide > à XX** en mm ou cm

FS5 : Fonctionner en autonomie

A partir de cette étude, nous avons réfléchi à ce que devrait faire notre robot explorateur.

NOTRE ROBOT DANS L'ESPACE !

Carte mentale réalisée avec Framindmap - https://framindmap.org/mindmaps/index.html#

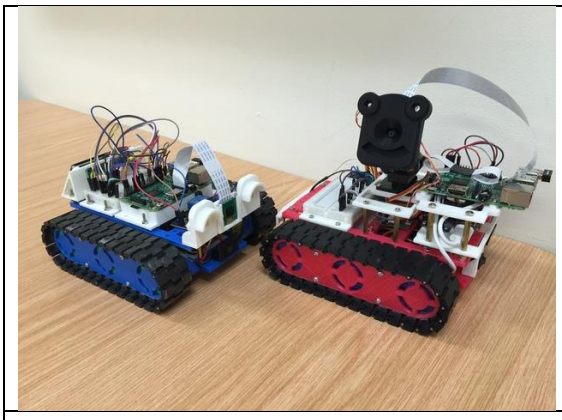
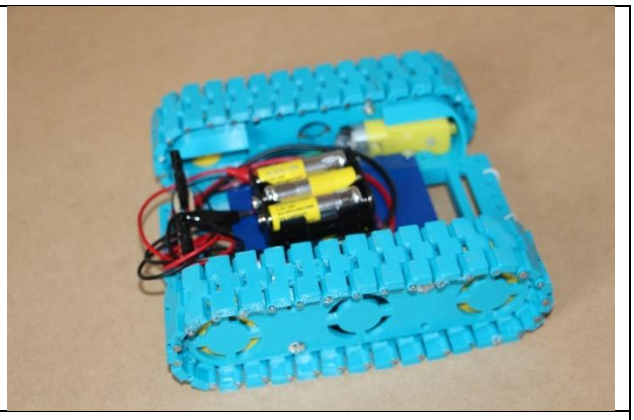


Fonction de service : Se déplacer dans son environnement

Il existe différents types de robots : humanoïdes, sur roues, en forme d'insecte…

Comme nous supposons que le terrain est accidenté, nous avons choisi la solution des chenilles.

Nous avons fait des recherches pour savoir ce qui existait. Sur le site Thingiverse nous avons trouvé un projet, réalisé en impression 3D, qui semblait convenir. Avec les membres du Thilab de Thionville, nous avons pratiquement tout modifié ! Il est difficile de tout présenter en 10 pages, c'est pourquoi nous avons choisi de traiter deux fonctions : **Se déplacer dans son environnement** et **éviter les obstacles.**

	
ProtoTank de Timmiclark, 18/08/2015 *http://www.thingiverse.com/thing:972768*	**FamXplorer** : notre prototype 01

A partir de ces fichiers, nous avons réalisé le prototype de la plateforme.

Les premiers essais ont montré beaucoup de problèmes.

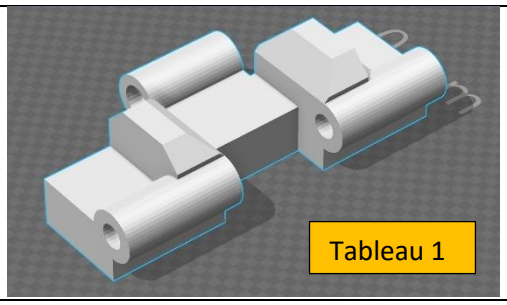
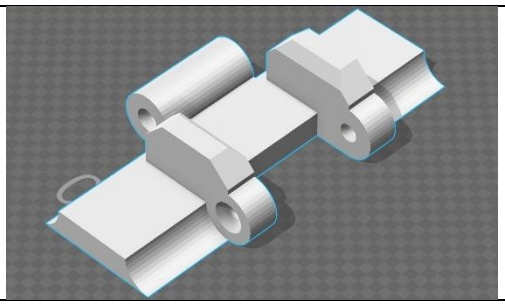
Une chenille est constituée de 32 maillons assemblés les uns aux autres par 2 vis. Le temps d'assemblage d'une chenille est très long : presque 44mn.

Avec l'imprimante 3D, le temps de fabrication d'un maillon est de 18mn, utilise 0,26m de filament PLA et pèse 2g

Les roues crantées n'entrainent pas bien la chenille. Le robot n'avance pas droit ou s'arrête !

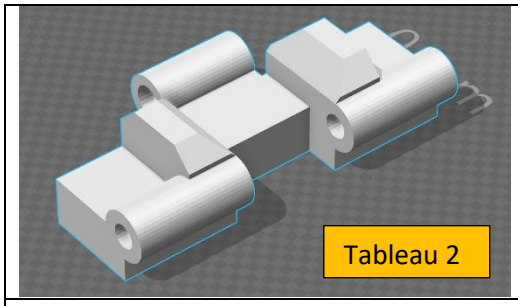
Notre professeur a pris contact avec le Thilab, le fablab de Thionville pour leur expliquer nos problèmes et voir s'ils pouvaient nous aider à les résoudre. Nous voulions aussi, un assemblage avec une seule vis et réduire le temps de fabrication en diminuant la hauteur de la partie en contact avec le sol. Des modifications ont été apportées par Laurent qui est dessinateur industriel. Il nous a donné les dessins en 3D pour le prototype 02.

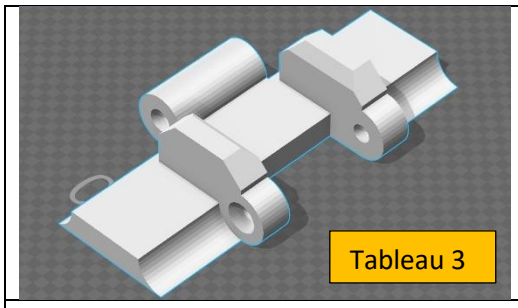
Nous vous proposons maintenant de comparer les deux versions de maillons qui composent la chenille.

Dessin *Les informations proviennent du logiciel CURA (pilotage de l'imprimante 3D)*		
	ProtoTank deTimmiclark, *http://www.thingiverse.com/thing:972768*	**FamXplorer** : maillon V2, dessiné par Laurent - Thilab Thionville
Dimensions	18.1 x 35 x10	17.9 x 35 x7.5
Masse	2 g	1g
Temps de fabrication	19mn	12mn
Longueur de filament	0.26m	0.16m

Produire un objet coûte de l'argent !

Nous comparons les deux modèles de maillons en termes de masse, de temps de fabrication, en longueur de filament PLA utilisé pour savoir lequel est le plus économique.

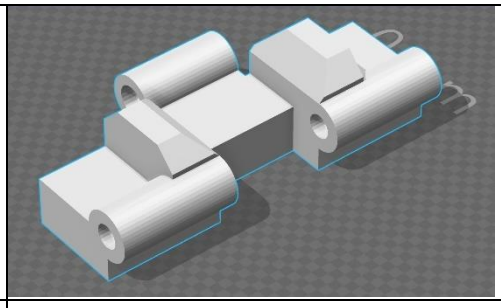
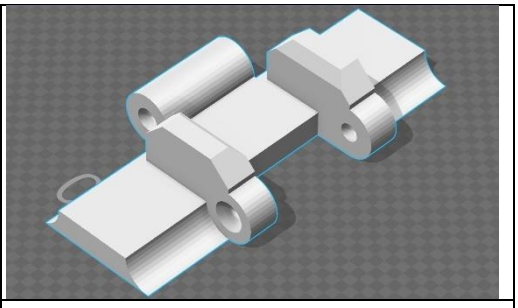
 Tableau 2	Pour 1 maillon	Pour 32 maillons, **1 chenille**	Pour 64 maillons, soit les **2 chenilles** qui composent le robot
Masse en g	2g	66	132g
Temps de fabrication	18mn	9h51mn soit 591mn	19h42
Longueur de filament	0,26 m	8,45 m	16,90 m

 Tableau 3	Pour 1 maillon	Pour 32 maillons, **1 chenille**	Pour 64 maillons, soit les **2 chenilles** qui composent le robot
Masse en g	1,3g	43g	86g
Temps de fabrication	12mn17s	6h33mn soit 393mn	13h06
Longueur de filament	0,17 m	5,55 m	11,10 m

***Conclusion** : Avec le modèle FamXplorer nous pouvons produire presque 1/3 de maillons en plus dans le même temps.* De plus nous économisons de l'énergie électrique ! C'est bon pour la planète !!

Calcul du coût de la matière :

Le collège paye une bobine de PLA de 750g, 19,90€ TTC soit 0,0265€ le g

Tableau 4 Modèle		
Masse	132 g	86 g
Coût	3.50€	**2.28€**

***Conclusion** : Le modèle FamXplorer est moins cher et permet d'économiser 1,22€ sur chaque robot.*

Il ne faut pas oublier que la nouvelle conception du maillon nous permet de diviser aussi le coût des vis par 2.

Cela aura un autre effet sur le robot. Si le robot est moins lourd il pourra aller plus vite, ou il aura besoin de moins d'énergie pour se déplacer.

Coût de la main d'œuvre

Avec le modèle Prototank, il faut 44mn pour assembler une chenille, soit 1h28 pour deux chenilles. Le fait d'avoir un assemblage avec une seule vis par maillon permet de passer à 29mn, soit 58mn pour deux chenilles. Si on prend la valeur du SMIC brut par heure 9,76€, 2 chenilles Prototank coutent 14,31€ alors que sur le modèle FamXplorer les chenilles coutent 9.46€

Coût de la logistique

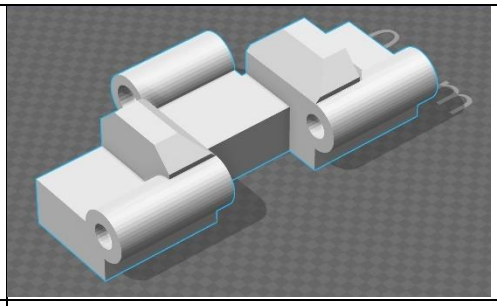
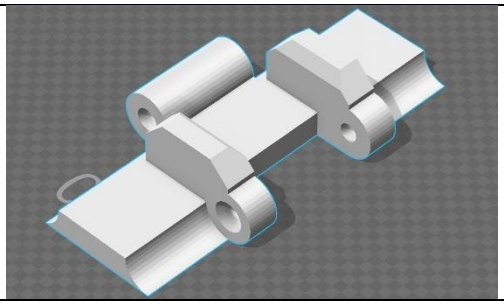
Comme notre robot est destiné à voyager sur une autre planète, nous avons voulu savoir combien cela coûte d'envoyer un objet dans l'espace ? Lorsqu'on prend l'avion, si notre valise dépasse 20kg on paye plus cher !

Dans un article, du site LEFIGARO.fr, nous avons trouvé l'information suivante

…un lancement d'Ariane 6 devra être facturé autour de 70 millions d'euros (M€), contre 150 M€ pour une Ariane 5. Soit, en tenant compte de la capacité d'emport supérieure de cette dernière (12t au lieu de 7t en orbite de transfert géostationnaire), une baisse d'environ 40%
http://www.lefigaro.fr/sciences/2013/06/19/01008-20130619ARTFIG00580-ariane-6-la-guerre-des-prix-est-lancee.php

Sur cette base, nous avons calculé, le coût pour envoyer les 2 chenilles (maillons + vis) de notre robot en orbite géostationnaire, avec une Ariane 6.

Nous avons pesé les chenilles

Tableau 5 Modèle		
Masse pour les vis	28g	14g
Masse des 32 maillons	53g	36g
Masse de 2 chenilles + vis	162g	**100 g**

On remarque **une différence sur la masse des maillons entre la valeur théorique lue sur le logiciel** (voir tableaux 3 et 4) et la pesée. **Elle vient des supports de fabrication et de la bordure, qui sont enlevés dans les pièces finies**.

Coût pour envoyer 1 tonne dans l'espace **avec Ariane 5 :** 150/12 = 12.5M€ la tonne
Coût pour envoyer 1 tonne dans l'espace **avec Ariane 6 :** 70/7 = 10M€ la tonne ou 10€ le gramme
La modification du maillon permet d'économiser 62 x 10 = 620 € sur le coût du transport de 2 chenilles !

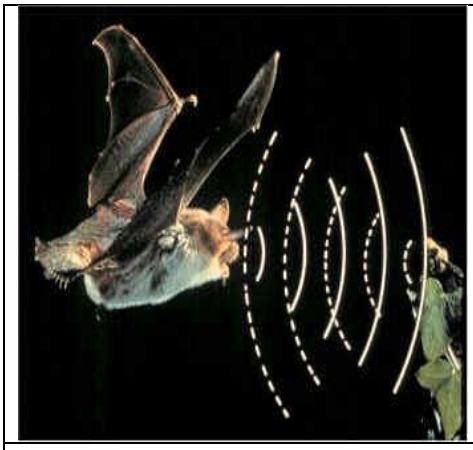
Conclusion : *Une petite modification sur un élément peut avoir une grande conséquence sur le coût de l'ensemble du produit.*

Fonction de service : Détecter les obstacles et les éviter

A la fois des obstacles qui se trouvent devant le robot : rocher, montagnes… mais aussi éviter de tomber dans un cratère.

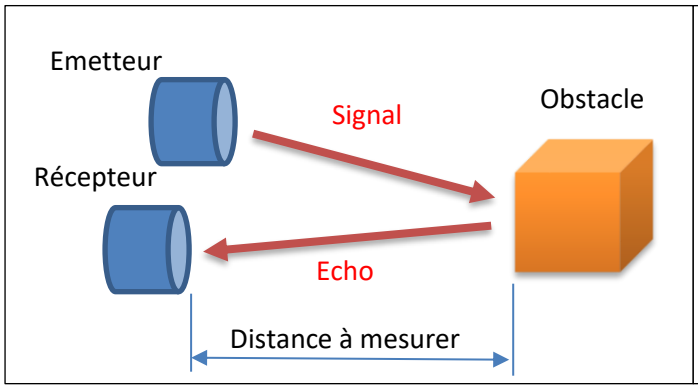
Une solution : mesurer la distance horizontale ou verticale qui sépare FamXplorer de l'obstacle. Nous avions trouvé un **capteur de distance GP2Y0A21YK0F IR Sharp - 10cm à 80cm**, mais nous n'avions pas les blocs Ardublock pour le programmer ! Nous avons pris le **capteur HC-SR04** qui utilise les ultrasons. C'est comme ça que la chauve-souris fait pour se repérer !

Remarque : Nous savons que les sons ne se déplacent pas dans le vide et qu'il faudra changer les capteurs pour une autre technologie lorsque le robot ira dans l'espace !

	
*L'**écholocalisation**, ou écholocation, consiste à envoyer des sons et à écouter leur écho pour localiser, et dans une moindre mesure identifier, les éléments d'un environnement.* https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89cholocalisation	*Le capteur HC-SR04 utilise les ultrasons pour déterminer la distance d'un objet.* http://www.gotronic.fr/pj2-hc-sr04-utilisation-avec-picaxe-1343.pdf

Un ultrason est une onde mécanique et élastique qui se propage au travers de supports fluides, solides, liquides ou gazeux à une fréquence de 20kHz https://fr.wikipedia.org/wiki/Ultrason

Fonctionnement du capteur HC-SR04



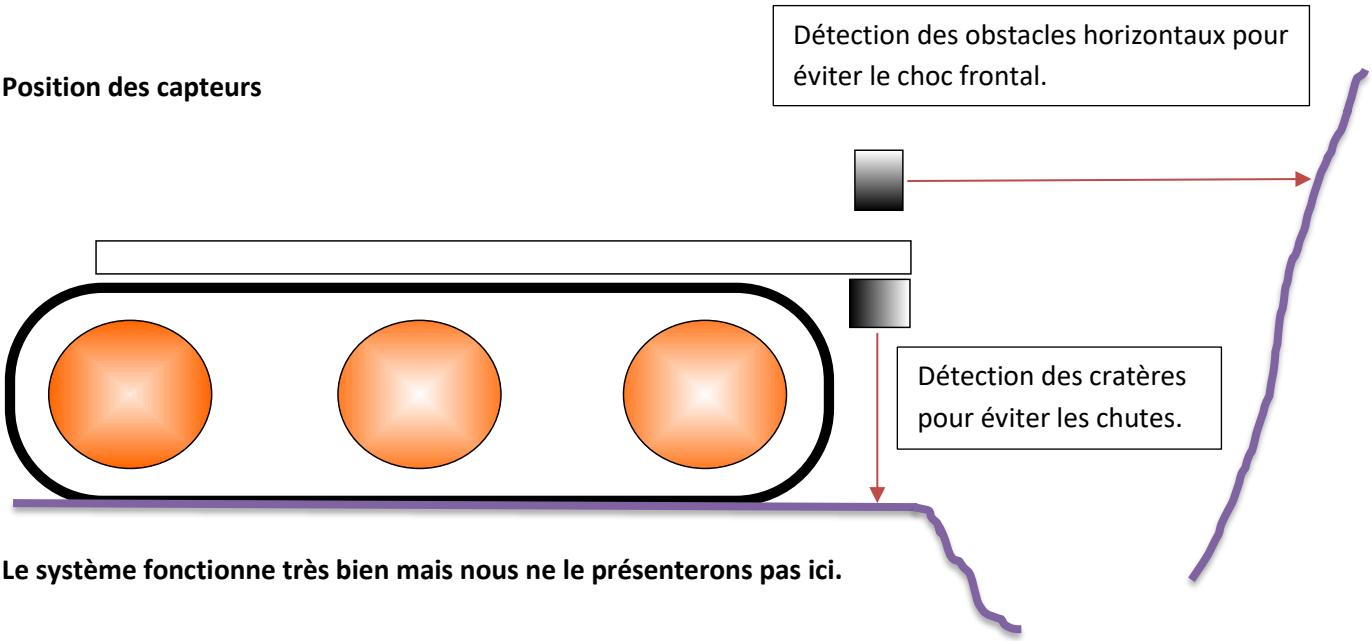
V = vitesse de déplacement des ultrasons dans l'air

d = distance entre le capteur et l'obstacle

t = temps entre l'émission du signal et la réception de l'écho

d = V.t/2

Position des capteurs



Le système fonctionne très bien mais nous ne le présenterons pas ici.

Problématiques

Quelle est la marge d'erreur entre la distance mesurée par le capteur à ultrason et la réalité, entre le robot et l'obstacle ?

Nous avons_

- Lu que la vitesse du son n'est pas constante mais variable. Celle-ci est influencée par le changement de la température, la pression atmosphérique et l'altitude de l'environnement où se trouve le robot. La vitesse du son s'exprime en m/s. https://fr.wikipedia.org/wiki/Vitesse_du_son
- Réalisé un montage utilisant un capteur à ultrason HC-SR04 et une carte Arduino Uno. On l'a programmé pour mesurer une distance, à l'aide d'Ardublock MAXI. Les résultats obtenus étaient affichés sur l'écran de l'ordinateur grâce au moniteur série.

- Vérifié les valeurs indiquées par le capteur en mesurant la distance entre le capteur et l'obstacle à l'aide d'une règle.
- Dressé un tableau pour comparer la valeur affichée et la distance réelle pour pouvoir calculer la marge d'erreur en millimètre puis en pourcentage.

Distance réelle (en mm)	Distance affichée (en mm)	Erreur en mm	Erreur en %
10	10	0	0,00 %
20	21	1	5,00 %
30	31	1	3,33 %
40	39	1	2,50 %
50	48	2	4 %
60	58	2	3,33 %
70	66	4	5,71 %
80	81	1	1,25 %
90	90	0	0,00 %
100	100	0	0,00 %
150	154	4	2,67 %
200	199	1	0,50 %
250	247	3	1,20 %
300	296	4	1,33 %
350	343	7	2,00 %
400	395	5	1,25 %
450	446	4	0,89 %
500	493	7	1,40 %

Conclusion : *Nous avons comparé la distance mesurée par le capteur ultrason à la distance réelle puis constaté que la marge d'erreur est importante, elle va jusqu'à environ 6 %. Nous avons observé que plus la distance est grande, plus le pourcentage d'erreurs est petit, alors que plus la distance est petite, plus le pourcentage d'erreurs est grand.* ***Il faudra intégrer cette marge d'erreur dans les paramètres de programmation pour éviter les obstacles, surtout lorsqu'ils sont proches.***

Il nous reste encore beaucoup de choses à écrire, 10 pages c'est court pour un sujet aussi passionnant ! Nous ne vous avons pas expliqué comment on dirige le robot, sa programmation, la transmission des données… Une vidéo complète ce dossier, merci de la regarder. Nous aurions voulu vous parler de nos partenaires, ThyssenKrupp, du Thilab et de DuinoEDU. Des visites d'entreprises avec la découverte de robots industriels et la rencontre des femmes et des hommes qui s'en occupent. Il vous faudra patienter jusqu'au 6 avril pour en savoir plus sur le projet FamXplorer. Rendez-vous à Nancy !

Les élèves de 3ème