



# Collège Jacques Yves Cousteau Bussy Saint Georges

## Académie de Créteil 2014/2015

### Projet: Roue à Géométrie Variable Robotisée

**COLLEGE J.Y. COUSTEAU**

97722208

3, place du Clos Saint-Georges  
77600 BUSSY SAINT-GEORGES

Tél. 01 64 66 30 11

Fax 01 64 66 22 85



UNIVERSITÉ  
PARIS-EST CRÉTEIL  
VAL DE MARNE



FAULS  
de SCIENCE  
2014



Collège Jacques Yves Cousteau  
Bussy Saint Georges

Académie de Créteil  
2014/2015

Projet:  
Roue à Géométrie Variable  
Robotisée

Nous sommes des élèves de 5ème et de 4ème. Nous étions volontaires pour participer à ce projet car d'une part nous avons trouvé l'idée intéressante, et d'autre part, nous avons envie de tester et d'apprendre de nouvelles choses de la vie réelle en relation avec les mathématiques. De plus, c'est agréable de connaître des élèves d'autres classes et de pouvoir s'entraider comme une équipe. Nous avons décidé de relever le défi de présenter un travail original au concours C'Génial. Le projet, tel qu'il nous a été présenté par notre professeur de mathématiques, nous mettait dans la peau d'un chercheur, d'un historien, d'un ingénieur, d'un technicien et d'un inventeur. Plusieurs d'entre nous sont bilingues anglophones, hispanophones, germanophones et sinophones. Ceci nous aiderait à présenter le projet devant un jury européen.

Le projet était tellement intéressant que la presse est venue pour nous filmer et nous interviewer sur les différents aspects du projet, notamment sur l'utilisation de la roue déformable. Un extrait du journal télévisé de canal coquelicot est joint au clip vidéo du projet. D'autres articles sur le projet peuvent être trouvés sur les sites internet suivants : [a](#), [b](#), [c \(p18\)](#), [d](#), [e](#), [f](#).

## -ET-MARNE

Le Parisien  
Samedi 21 mars 2015

### peu en 2015

grande nouveauté : la création d'un skate park au complexe sportif de la ville assurera d'ailleurs l'entretien des parkings de Tauziet aménagés de trous. Elle lancera un plan « oxygène » avec la végétalisation du square Ceccaldi dans le quartier du Marché, la création d'un nouveau square rue Cave-Hérone au Val Fleuri et celle d'un jardin public à la place du pôle commercial dont les travaux sont suspendus. La commune achèvera le 27 mars les travaux de rénovation du gymnase Condorcet. Les investissements s'éleveront à 20 M€. Après cette annonce, l'opposition PS a souhaité soumettre les propositions à une concertation avec les habitants afin qu'ils choisissent leurs priorités. « Mener trop de projets risquerait d'exposer les finances communales », précisent les élus d'opposition. Le maire, en revanche, rigoureux, a assuré ces « orientations intègrent la capacité d'endettement ».

VALENTINE ROUSSEAU

### dans les étoiles

La ville de Meaux, qui organise des ateliers où les enfants pourront s'amuser de fusée et d'avion, piloter un hélicoptère radiocommandé, grimper sur des trampolines, ou encore se faire des masques d'avion en papier, sera présente à la fête de Star Wars à 15 heures,

au parc Chenonceau, avenue

### la Guerre

La ville de Meaux vous propose une animation sur le thème de la guerre. C'est un jeu de rôle où vous serez amenés à intervenir dans une armée et à s'occuper de la logistique. Le jeu est basé sur des événements historiques et s'est jamais concrétisé. La ville de Meaux vous propose une animation sur le thème de la guerre. Le jeu est basé sur des événements historiques et s'est jamais concrétisé. La ville de Meaux vous propose une animation sur le thème de la guerre. Le jeu est basé sur des événements historiques et s'est jamais concrétisé.

par M. Miho Matsunuma et

### BUSSY-SAINT-GEORGES

## Ces collégiens sont devenus fans des maths !

IL N'AVAIT PAS ATTENDU la semaine des maths, qui s'est achevée hier dans l'académie de Créteil, pour embarquer ses élèves dans un projet un peu fou. Mohammed Mesmoudi est arrivé au collège Jacques-Yves Cousteau de Bussy-Saint-Georges à la rentrée dernière et déjà, il a réussi à se mettre ses élèves dans la poche. L'enseignant hyperactif et dévoué leur a même donné le goût des maths en proposant des applications concrètes aux problèmes qu'il leur pose dans le cadre d'ateliers. En dehors des heures de cours, vingt-six collégiens travaillent trois séances par semaine sur la base du volontariat.

« Je suis parti du thème de la semaine des maths, les mathématiques nous transportent. Et je me suis dit qu'on pouvait, avec les connaissances de 5<sup>e</sup> et de 4<sup>e</sup>, arriver à résoudre les contraintes d'une roue carrée », explique l'enseignant tout en appuyant son discours en faisant un peu de géométrie au tableau. Ce thème a d'abord fait bien rire les élèves, comme Noémie qui en a fait une bande dessinée humoristique. Transversal, le projet a en effet agrégré des professeurs d'arts plastiques, de technologie, de physique et même de français.

### Ils ont inventé une roue carrée

Une roue carrée ? Plus précisément, une roue qui permettrait aux handicapés en fauteuil roulant de franchir seuls un trottoir, ou même au robot Spirit abandonné sur mars en 2011 de sortir de la cavité dans lequel il est resté coincé. C'est sûr que présenté comme ça, les maths, ça donne envie ! Et dans la classe, cela se traduit par des mains qui se lèvent, des idées



Bussy-Saint-Georges, jeudi. Mohammed Mesmoudi, prof de maths, a créé des ateliers où les élèves appliquent de façon concrète la matière qu'il enseigne. (L'PMK)

qui fusent et même des expérimentations physiques. « Nous avons conçu ce berceau oscillant, inventé par les Égyptiens pour transporter les pierres carrées des pyramides, cela permettait de faire rouler les pierres jusqu'à 5 t », explique Noa, 11 ans, grimpée sur la bascule en bois. Un peu plus loin, c'est Logan, 12 ans qui s'exclame : « On a réussi à faire une chenille ! ».

Devant la roue déformable conçue par les élèves, trois d'entre eux lancent les programmes informatiques qui permettent à leur invention de prendre une forme rectangulaire pour de fait s'adapter au terrain grâce à un système de vérins. « Nous

sommes presque toutes à plus de 17 de moyenne en maths depuis que nous suivons les cours de Monsieur Mesmoudi, avec lui il y a beaucoup d'oral, d'échanges et les maths deviennent concrètes et amusantes », assure Samantha, 13 ans. Depuis le début de cette expérience, la collégienne et ses copines Chloé, 12 ans et Livana, 12 ans, ont désormais l'intention de suivre des études scientifiques au lycée. En avril, le groupe d'élèves participera à deux concours : « C'est génial organisé par l'université de Marne-la-Vallée et « Faites des sciences qui se tiendra à l'université de Créteil.

MARION KREMP



Nous avons présenté notre projet au [forum des mathématiques vivantes à Paris](#). Ceci nous a permis de rencontrer Monsieur [Cédric Villani](#) (médaillé Fields 2010) et de lui expliquer notre projet.



## Idée et motivation

Plusieurs raisons ont motivé ce projet. Notre professeur de mathématiques nous a expliqué que le thème de la semaine des mathématiques cette année était "Les mathématiques nous transportent".

Il fallait donc trouver une idée insolite reliant les mathématiques et le transport tout en respectant le programme scolaire.

Il nous a proposé d'étudier des roues de formes polygonales (carrées, triangulaires, rectangulaires, losanges, ...) ce qui nous permettra de réinvestir autrement les propriétés des polygones que l'on va voir dans le programme scolaire.

Deux questions se sont posées naturellement, il s'agissait de voir s'il était possible de faire une seule roue qui combine plusieurs formes polygonales. Et de voir si le projet pouvait aboutir sur des applications pratiques de la vie courante.

La réponse est positive pour les deux questions. En ce qui concerne la première, on peut effectivement faire une roue qui combine plusieurs formes géométriques en la dotant d'un système qui lui permette de se déformer.

Pour la deuxième question, une telle roue pourrait faciliter la vie de personnes à mobilité réduite : en équipant leurs fauteuils roulants pour les aider à franchir de petits obstacles, à ajuster la hauteur de l'assise, à stabiliser le fauteuil en position repos, à moduler la taille du fauteuil pour le ranger plus facilement, à amortir les chocs. Enfin, dans certaines situations la roue pourrait devenir motrice.

Nous nous sommes aussi demandés si de telles roues avaient des avantages ou des inconvénients sur les plans économiques et écologiques. Et par-dessus tout, nous avons trouvé une solution afin

d'éviter le problème de patinage des roues sur routes glissantes. En effet, cela serait possible en changeant la forme de la roue d'une forme ronde à une chenille.

# Recherche bibliographique

Pour suivre une méthode scientifique, nous avons fait une recherche bibliographique et historique sur la roue sur internet. Son apparition remonterait à environ 3000 ans avant notre ère. Les roues polygonales ont déjà été évoquées dans le passé vers le milieu du 20ème siècle. On a retrouvé des roues de formes carrées, ovales, triangulaires. L'émission "[On n'est pas que des cobayes](#)" du 24 mars 2013 a présenté aussi les roues carrées.

Les égyptiens auraient utilisé le principe de la roue carrée et de son chemin formé de bosses successives (faites en bois) pour [transporter des blocs de pierres pour la construction des pyramides](#). De plus, ils auraient utilisé les mêmes bosses en bois pour polir et hisser les blocs de pierres à n'importe quelle hauteur. Cela nous a menés à découvrir des applications sportives récentes basées sur le même principe. C'est le [Flyboard](#) et la [planche oscillante](#), que nous avons aussi fabriqués et testés.

On a retrouvé quelques inventions de roues insolites polygonales ou déformables comme la roue de Fowler (1870) à ressorts et qui se rapproche le plus de notre idée.

Le projet est constitué de deux parties: les roues polygonales et les roues déformables.

## I. Roues polygonales

### Modélisation avec Géogebra

Après une première séance d'introduction au projet avec des explications théoriques sur les roues polygonales, nous nous sommes rendus plusieurs fois en salle informatique pour modéliser notre projet sur le logiciel de géométrie dynamique Géogebra.

Nous avons fait la simulation des roues carrées, losanges, triangulaires, rectangulaires. Pour cela nous avons tracé dans chaque cas un polygone inscrit dans un cercle de rayon 1 cm. Grâce au curseur, nous avons pu animer ces polygones en les faisant tourner autour de leurs centres et déplacer sur un axe horizontal à vitesses constantes. En réalisant cette expérience, nous avons découvert que la route adaptée à chaque polygone doit être formée de bosses successives. Chaque bosse correspond à un polygone et ne peut servir pour un autre différent.

Sur les premières simulations, nous avons découvert que les roues polygonales pouvaient aussi glisser en se déplaçant. Ce qui nous a amenés à nous poser des questions dont nous ignorons pour l'instant la réponse :

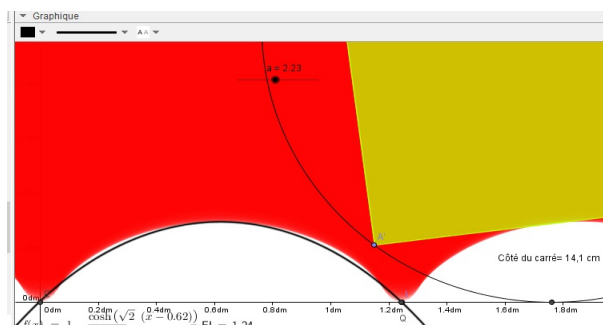
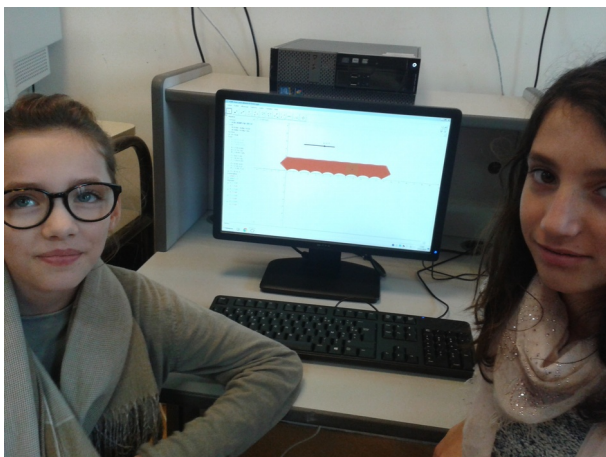
1. Ce problème peut-il exister pour des roues normales de voitures sur routes glissantes ? Nous savons qu'une voiture peut patiner sur une montée glissante (patinage positif  $P^+$ ).
2. Mais ce phénomène peut-il exister dans l'autre sens (patinage négatif  $P^-$ ) dans les descentes glissantes en utilisant seulement le frein moteur?
3. Si oui, quelles sont les conséquences sur le freinage et le respect des limitations de vitesse (radars, et sécurité routière)?
4. Les capteurs actuels (ABS, ESP...) détectent-ils ce phénomène?

On projette de rechercher des aides auprès de chercheurs ou d'ingénieurs de l'industrie automobile.

On a réduit le glissement d'une manière dynamique en diminuant la vitesse de déplacement par rapport à la vitesse rotation de la roue. Pour cela on a comparé la longueur d'une bosse (en l'approchant par un arc de cercle) avec le côté de la roue. On trouve toujours une solution optimale mais le glissement ne disparaît pas pour autant. Il se produit dans le sens  $P^+$  sur la partie centrale de la bosse et dans le sens  $P^-$  vers les extrémités. En pratique ceci induit forcément une usure prématurée des pneus et une détérioration rapide de la route.

La solution sans glissement existe mais dépasse notre niveau. Elle est très proche de notre

simulation (voir la figure ci-dessous). Ce sont des [chaînettes inversées pour les bosses](#). La vitesse de rotation de la roue doit être non constante (décrite par des fonctions hyperboliques). Ces figures existent en architecture de par leur solidité (la Sagrada Familia à Barcelone par exemple).



## II Roues déformables

Pour combiner toutes les formes en une seule roue, nous avons été amenés à développer une roue déformable grâce à des vérins, des jantes formées d'arcs articulés que nous avons appelés segments en référence aux segments des freins à tambours des voitures.

Aidés par l'association Atouts sciences de l'Université Paris 13, nous avons construit cette roue grâce aux vérins qu'elle nous a fournies. Avec son aide nous avons fabriqué les segments et le moyeu de la roue. Pour fabriquer ces pièces, nous les avons modélisées avec les logiciels Géogebra et Sketchup.

### Modélisations avec Géogebra et Sketchup

Notre professeur de mathématiques nous a expliqué comment simuler la roue à géométrie variable sur Géogebra. Nous avons réalisé à notre tour la modélisation de cette roue en salle informatique. Quand nous avons fini sa modélisation, nous avons activé les traces des pièces qui bougent et avons lancé l'animation grâce au curseur. Nous avons remarqué les faits suivants :

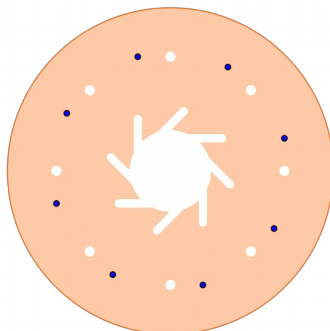
- Le premier vérin reste toujours perpendiculaire au moyeu
- Tous les autres vérins avaient pivoté un peu autour de leur axe de fixation sur le moyeu. Ceci nous a permis d'avoir une idée de la façon de fixer les vérins sur le moyeu et de leur prévoir un degré de liberté lors de la réalisation.



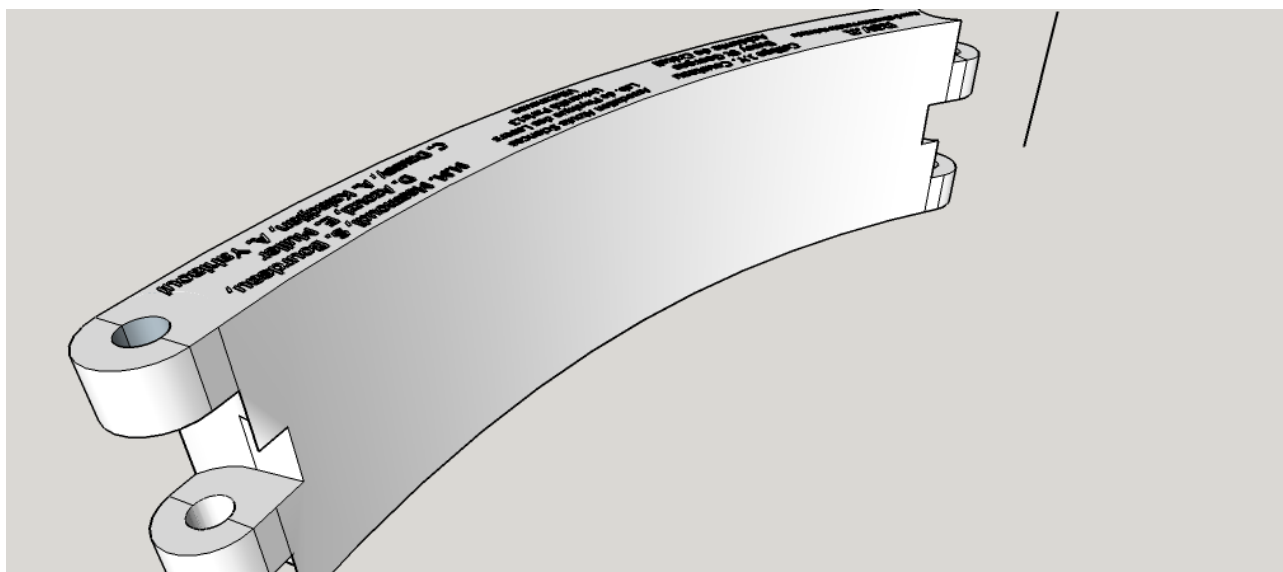
Pour le moyeu, nous l'avons modélisé sur Géogebra en respectant les cotes qui nous ont été



transmises par notre professeur de mathématiques. Le moyeu est formé de deux disques parallèles de diamètre 18cm et qui prennent en sandwich les vérins. Chaque disque contient 8 trous uniformément répartis pour les fixer et des rainures pour faire passer leurs câbles à l'extérieur. Le résultat de la modélisation est illustré dans la figure suivante :



Nous avons essayé de modéliser sur Sketchup les segments de la jante mais notre manque d'expérience d'utilisation de ce logiciel ne nous a pas permis d'obtenir un résultat précis qui respecte les cotes qui avaient été fixées par notre professeur de mathématiques. Il a décidé de le faire lui-même. Le résultat obtenu est illustré dans la figure suivante :



## Réalisations

Pour faire aboutir notre projet, nous sommes allés une heure tous les lundis matins en salle de technologie afin de construire les différentes roues polygonales. Dans nos réalisations, nous avons utilisé des panneaux de polystyrène extrudé. Notre professeur de technologie nous a expliqué les précautions à prendre et comment utiliser les outils nécessaires à la construction : scie, fil chaud pour la découpe des pièces de polystyrène avec précision, le charlyrobot pour la construction des bosses optimisées.

Avec les morceaux construits nous avons réalisé des rails de train sous la forme de deux rangées parallèles de bosses et un châssis de train à quatre roues carrées.



Pour la roue déformable nous avons transmis le fichier des segments de la roue à notre professeur de technologie et à l'association Atouts Sciences de l'Université de Paris 13 pour qu'ils les impriment en 3D. L'impression de chaque segment a pris environ 3h45. Lors de nos séances en salle de technologie et nos visites à l'université, nous avons pu assister à l'impression de certains d'entre eux.

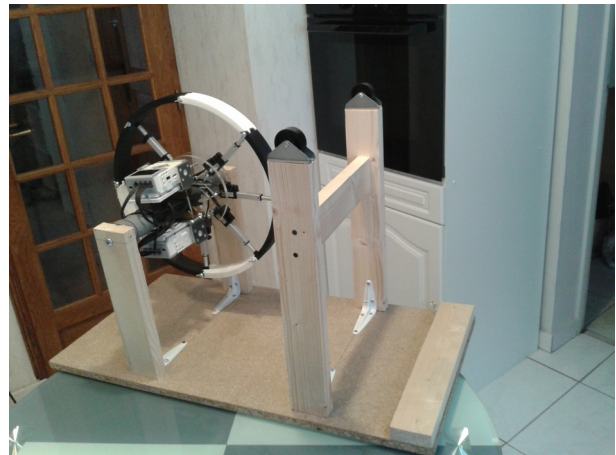
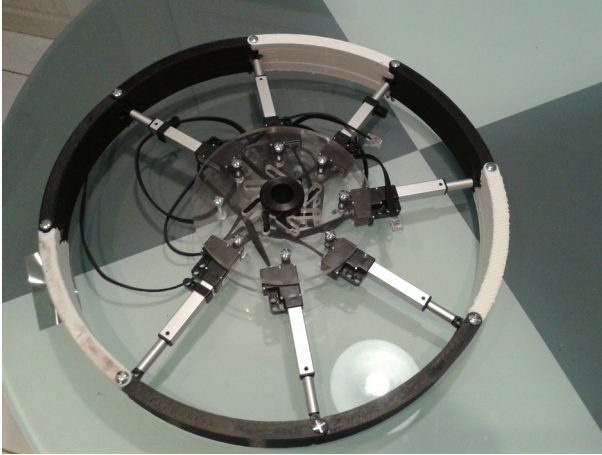
Le moyeu a été usiné à l'université en plexiglas. Nous l'avons récupéré lors de notre dernière visite de travail à l'université et fait un premier montage d'essai.



Pour commander la roue, l'association Atouts Sciences nous a donné des vérins de la marque *Firgelli* adaptés pour des kits robotisés [Lego Mindstorms](#) dont le logiciel de programmation est adapté à des enfants de plus de 10 ans. Pour commander tous les vérins nous avons eu besoin de deux briques intelligentes *Mindstorms*.

Nous avons travaillé ensuite sur la fixation des briques sur la roue pour avoir un ensemble compact et auto portatif. Le résultat final est illustré sur la figure suivante :





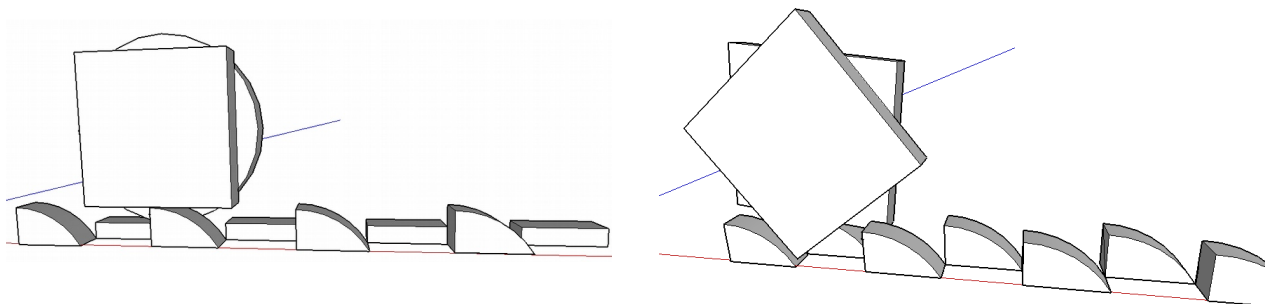
## Étude énergétique de la plate-forme de train :

Après la réalisation du train à roues carrées, nous nous sommes rendus deux fois à l'atelier de notre professeure de sciences physiques pour apprendre et comprendre les différentes forces agissant sur les roues du train et pour étudier un éventuel gain énergétique qui, le cas échéant, aurait un impact écologique positif.

Nous avons appris que lorsqu'une roue se déplace sur une bosse, l'énergie accumulée dans la descente sera perdue dans la montée de la bosse suivante. Il faut ajouter à cela les frottements entre les roues et les rails à cause du phénomène de glissement. Ce qui implique une usure rapide des roues et des rails avec en plus leur surchauffe et donc une déperdition d'énergie.

Avec la solution sans glissement (c'est-à-dire les chaînes inversées), le frottement entre les matériaux de la roue et des rails reste présent. En plus, les roues doivent tourner à des vitesses variables sur chaque bosse. Les moteurs entraînant les roues doivent constamment varier leurs vitesses de rotation d'une manière très contrôlée ce qui est techniquement difficile à faire. Par conséquent, il n'y a pas de gain énergétique et pas d'impact écologique positif.

Ceci ne nous a pas découragés de trouver une parade par laquelle œuvrer à une solution à notre problème. Cette parade consiste à remplacer les montées par des tronçons plats ou encore par des descentes, et en dédoublant la roue en la rendant à double corps carré/disque ou carré/carré avec un calage angulaire à  $45^\circ$ , comme le montre les figures suivantes:



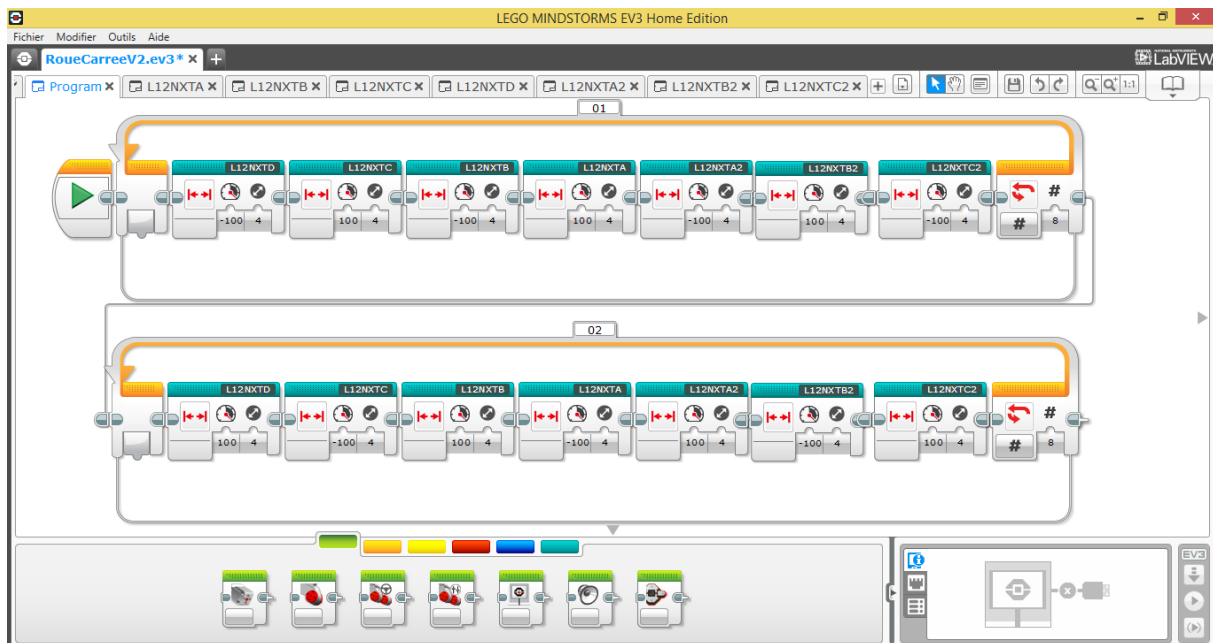
Dans le 1<sup>er</sup> cas, on exploite les gains d'énergie accumulés lors des descentes pour rouler sur des tronçons plats. Pour le 2<sup>ème</sup> cas, on n'utilise que des descentes, et là, la roue devrait tourner toute seule grâce à son poids et le gain énergétique dégagé pourrait servir à produire de l'électricité propre et gratuite.

Quand nous avons exposé cette idée à d'autres personnes, elles sont restées sceptiques quant au mouvement perpétuel que nous proposons et la réponse que nous avons reçue est que la roue devrait s'arrêter à un certain moment à cause des frottements. Même si cela devait se produire, le

déplacement de ce type de roues est facilité par ce système et un moteur d'entraînement de la roue dépenserait moins d'énergie pour la faire tourner. Un prototype de cette roue est en construction avec l'aide de notre partenaire Atouts sciences de l'Université Paris 13.

## Programmation de la roue

Notre professeur de mathématiques nous a initiés aux bases de l'algorithmique et de la programmation sous l'environnement Lego Mindstorms EV3 adapté à des enfants de plus de 10 ans. Des vidéos sur *youtube* nous ont aussi servis à approfondir à la maison les notions apprises en classe. Nous avons commencé à faire de petits programmes pour commander une voiture robot qui détecte les obstacles et les évite. La programmation se fait par des icônes que l'on place en série ou en parallèle selon un algorithme. Un bouton sur le logiciel permet de charger le programme sur la brique électronique de commande et de l'exécuter. En suivant les modélisations des déformations faites sur Géogebra, nous avons programmé la roue déformable pour avoir des formes carrées, triangulaires, ovales (chenilles) et revenir à l'état initial. Nous avons aussi programmé un déplacement de la chenille en jouant sur différentes actions des vérins. Un exemple de programmation pour passer à une forme carrée est donné dans la figure suivante :



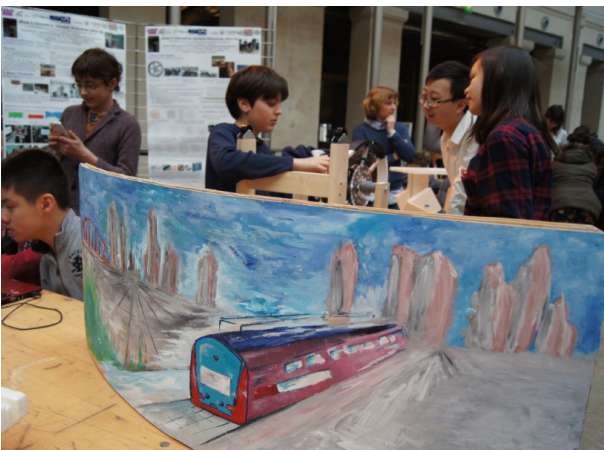
Le résultat obtenu après exécution du programme est donné par la figure suivante :



D'autres formes géométriques avec d'autres programmes sont visibles [ici](#) et sur les posters.

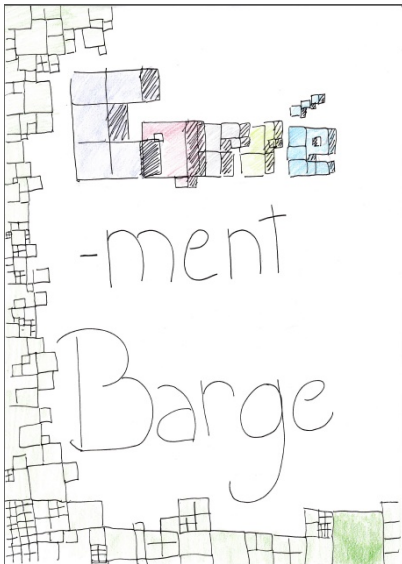
## Aspects artistiques et sportifs du projet :

D'autres aspects se sont rajoutés à notre projet. Nous avons voulu représenter le projet de la roue déformable de manière artistique, humoristique et musicale pour que le public comprenne aisément et facilement le projet. Notre professeure d'arts plastiques s'est jointe à notre projet pour nous aider à décorer les réalisations que nous avons faites en bois. Le travail a été fait principalement par les élèves en le prenant comme sujet de peinture. Nous avons donc peint la plate-forme de la roue déformable, le Flyboard et l'ascenseur oscillant égyptien. Les sujets de peinture que notre professeure d'arts plastiques nous a donnés restent en harmonie avec l'histoire des objets et le transport, thème de la semaine des mathématiques de cette année. Deux exemples de peintures faites sont illustrées dans les figures suivantes :



Nous avons aussi proposé à notre professeur de mathématiques de faire des bandes dessinées autour du projet. Nous avons donc réalisé 3 BD dont une avec le logiciel "bitstrips for schools" avec l'aide de notre professeure documentaliste. Nous illustrons l'une des BD dans la figure suivante :





Nous avons découvert que l'ascenseur oscillant pouvait servir à faire de la gymnastique, de la rééducation et de travailler le sens de l'équilibre (la proprioception). Une version épurée et purement sportive de l'ascenseur oscillant a été introduite en 2011 par des italiens, c'est le [Flyboard](#). Nous avons demandé alors à notre professeure d'EPS de nous expliquer les différents exercices que nous pourrions faire avec ces deux planches et à notre professeure de SVT de nous expliquer la proprioception. Elles ont toutes les deux accepté de nous aider. Voici, en une seule image, le cours que notre professeure de SVT nous a fait sur le renforcement musculaire grâce à la proprioception. Nous avons appris par exemple que les astronautes travaillent leur proprioception avant de partir dans l'espace.

**projet: La roue carrée**  
une roue différente: le flyboard

**Le flyboard**  
utiliser le principe de la proprioception

**La proprioception**

- désigne la perception consciente ou non de la position des différentes parties du corps.
- elle fonctionne grâce à de nombreux récepteurs ligamentaires et musculaires et des centres nerveux (l'oreille interne)

- le système proprioceptif est chargé de recevoir et percevoir de transmettre et d'intégrer des informations d'origines périphériques.
- Cela va donc permettre d'apporter des informations utiles sur le maintien de l'équilibre et de la stabilité de la posture.

**fuseau neuro musculaire**

**organe tendineux de golgi**

**canaux semi circulaires**

**coupe de peau**

**la lutte contre le déséquilibre permet un renforcement musculaire**



# Conclusion

Nous avons trouvé que le projet était très intéressant et très riche en matière d'apprentissage et de culture générale. Nous avons appris beaucoup de choses comme l'histoire de l'ascenseur oscillant et le Flyboard, l'histoire de la roue avec ses versions insolites et l'utilisation de plusieurs logiciels comme Sketchup, Geogebra et (la programmation avec) Mindstorms qui étaient nécessaires pour la réalisation du projet. Nous avons réinvesti les propriétés des polygones que nous avons étudiés en classe. Nous avons été aidés par plusieurs professeurs du collège ou de l'université Paris 13 qui nous ont appris des notions et des propriétés diverses et variées dans leurs matières, comme les forces et l'énergie en sciences physiques, la proprioception en SVT, les techniques de coupes et d'usinage en technologie, la conception et modélisation par ordinateur. Le projet nous a aussi permis de nous exprimer en matière d'art en faisant des bandes dessinées, de la peintures et de la musique pour le clip vidéo. Nous avons appris comment exploiter un objet géométrique pour une autre utilisation dans le sport ou la rééducation. Le projet nous a permis de se poser des questions scientifiques dont on ne connaît pas les réponses comme les problèmes liés au glissement des roues pendant leur déplacement et leurs conséquences sur la sécurité routière.

Nous savons maintenant que notre projet pourrait servir à améliorer les fonctions des fauteuils roulants et pourrait résoudre des problèmes liés au déplacement sur routes glissantes ou sablonneuses comme le problème d'enlèvement, dans les sables de Mars, [du rover spatial Spirit envoyé par la NASA et abandonné en 2011](#).

Nous aimerions fabriquer la même roue avec, cette fois-ci, des vérins magnétiques plus grands et plus robustes et les tester sur de vrais véhicules à vitesses réduites. Nous savons que ce type de vérins existe et est prometteur en terme d'applications ([comme ceux développés par la société Bose](#) spécialiste du son). Ajoutons à cela, notre découverte de la roue à économie d'énergie décrite plus haut que nous n'avons pas encore testée et avec laquelle nous espérons produire une énergie propre et gratuite.

Avec ces dernières phrases, nous, élèves de Cousteau, jetons bouteille à la mer de la science, pour demander de l'aide pour développer réellement nos idées en espérant être repêchés par un laboratoire de recherche sensible à notre appel.

Nous pensons que beaucoup d'entre nous aimerions recommencer une aventure de ce type avec Monsieur Mesmoudi, notre professeur de mathématiques, l'année prochaine.

Terminons notre rapport avec une énigme et la morale qui en découle « [Rien ne sert de courir, il faut partir à point](#) ». C'est la morale de la célèbre fable de [la Fontaine](#) «le lièvre et la tortue » que nous avons revisitée mathématiquement dans notre projet.

*L'énigme: Deux roues, une petite et une grande (en comparant leurs périmètres), tournent à la même vitesse et en parallèle. La petite roue parcourt plus de chemin et arrive en même temps que la grande roue. Elle peut même arriver la première.*

Cette énigme est similaire au [paradoxe de la roue du célèbre philosophe grec Aristote](#).

La réponse est dissoute dans le texte de ce rapport. Si vous l'avez trouvée, quel est alors le lien avec la morale de la fable ?

Merci de nous avoir lus ...

Élèves de Cousteau,  
Vendredi 17Avril 2015