

## **OSONS LA ROBOTIQUE PÉDAGOGIQUE À L'ÉCOLE PRIMAIRE.**

*Résumé : Nous présentons un projet à caractère physique et technologique réalisé dans des classes de l'école primaire (maternelle et cycle 3) mettant en œuvre une initiation à la programmation simple.*

*Pour la réalisation en cycle 3, les élèves construisent eux-mêmes un véhicule filoguidé puis l'automatisent avec le mini-ordinateur Raspberry Pi associé au logiciel Scratch.*

---

### **L'idée de départ**

#### **Projet de deux étudiants de master 1 MEEF à l'Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education de Bretagne (St Brieuc)**

*Dans le cadre de leur cursus de master « métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation » les étudiants doivent choisir une dominante orientée « recherche didactique » dans différents domaines proposés dont celui des sciences ;*

*Deux étudiants du site de Saint Brieuc, Emilie GIRRE et Manuel ARRIETA, tous les deux ayant une solide formation initiale en informatique désirent développer un sujet de recherche dans ce domaine. A défaut d'un dispositif « informatique » proposé, ils s'inscrivent dans la dominante « science et médiation culturelle » pour laquelle ils désirent s'engager dans un travail d'études et de recherches (TER) liant les sciences et l'informatique.*

*Formateur intervenant dans cette dominante, Loïc Poullain leur conseille de creuser autour de l'expérimentation assistée par ordinateur, domaine cependant hors du programme de l'école. Il sera alors possible de présenter aux élèves du primaire le lien entre l'ordinateur et le monde physique réel alors qu'il est généralement utilisé pour des simulations ou des recherches sur Internet. Il faudrait pour cela trouver une ou deux applications EXAO simples pour lesquelles l'élève de cycle 3 peut agir et mener même partiellement une démarche d'investigation.*

*Parallèlement à cette réflexion, un collègue du BUP, Thibault Plisson, dans l'excellente rubrique « des souris et des profs .. », toujours à l'affut des nouveautés et des innovations fait part de son intérêt pour un tout petit ordinateur, très bon marché, avec des performances limitées certes, mais complet, le Raspberry Pi (framboise) fonctionnant sous Linux avec des sorties vidéos multiples et de bonne qualité.*

*Une brève recherche Internet permet rapidement de découvrir cette petite merveille technologique et d'envisager ses possibilités.*

*Une de ses originalités est de posséder un port d'entrées et de sorties directement accessibles. Pour en savoir plus et expérimenter éventuellement à destination d'une classe, nous en avons commandé un exemplaire chez le*

fournisseur Farnell et il nous est parvenu sous trois jours.

De leur côté, les étudiants font des recherches d'articles et sélectionnent celui de Vassilis Komis [1] qui analyse plus particulièrement les robots de sol « Bee Bot ». Nous en commandons donc 4 exemplaires chez un fournisseur de Lille.

### **Présentation rapide du « Raspberry Pi » (RPI)**

Ce petit ordinateur très compact et très bon marché est apparu en 2012 dans les écoles anglaises. Il était destiné à initier les élèves, à partir de 8 ans, à la programmation et à l'édition de jeux vidéo simples.

L'un de ses co-créateurs, Eben Upton a voulu remédier à la situation pour laquelle « de trop nombreux appareils informatiques avec lesquels un enfant ou un ado entre en interaction au quotidien sont tellement verrouillés qu'ils ne sont pas utilisables comme outils de création, alors même que l'informatique est un domaine créatif par excellence » [2].

Cet ordinateur est livré avec une distribution spéciale Linux (Raspian) et des logiciels d'application : Scratch et Python.

C'est le logiciel SCRATCH qui est ciblé pour les plus jeunes élèves.

Il se compose d'un boîtier unique qu'il faut alimenter avec un mini USB (prise de chargeur de téléphone) :

\* Deux ports USB pour le clavier et la souris

\* Un port Ethernet pour le réseau

\* Une prise HDMI ou RCA pour l'écran (un adaptateur HDMI/VGA est nécessaire pour pouvoir utiliser les écrans plats de nos PC)



*Remarque* : depuis cette expérimentation et l'écriture de cet article, le modèle B a été remplacé par un modèle B+ doté de quelques fonctionnalités complémentaires.

### **Déclinaison à l'école primaire**

Des enseignants se portent volontaires pour tester dans les classes deux déclinaisons de ce projet :

- faire découvrir et utiliser un petit robot programmable en classe de grande

section de maternelle: la « Bee Bot » (abeille)

- réaliser, en cycle 3 (CM2), un véhicule jouet filoguidé avec deux moteurs électriques. Ce projet permet d'aborder et de consolider deux thèmes importants des programmes 2008 de l'école primaire : les circuits électriques alimentés par des piles et la transmission de mouvements. Le but ultime du projet est d'automatiser le déplacement du véhicule par programmation utilisant le logiciel « Scratch ».

## Mise en œuvre pratique

### Le jouet programmable Bee Bot

Il s'agit donc d'une « abeille » livrée montée, alimentée par des piles ou des accumulateurs ; elle est utilisable directement avec des boutons bien identifiés :

↑ avance d'un pas

↓ recule d'un pas

└→ tourne à droite

←┐ tourne à gauche

X ou CLEAR : remise à zéro de la programmation

GO : exécuter le programme



Le pas du déplacement est de 15 cm et la rotation s'effectue autour du centre de gravité de l'objet (approximativement le centre du cercle de projection sur le sol).

Il est donc préférable de préparer des grilles de déplacement de 15 X 15 cm.



### Le véhicule filoguidé

#### Châssis

Afin de favoriser l'implication immédiate des élèves, en leur laissant la place de l'originalité et de la personnalisation de l'objet, nous choisissons l'utilisation quasi exclusive du carton ondulé de récupération : en effet, il se coupe très facilement le long d'une planche en bois avec un simple couteau à dents de cantine et il se colle au pistolet à colle fusible avec un cordon de colle déposé sur l'arête à coller ; les arêtes sont ponçées puis recouvertes de bandes kraft préencollées ; la structure définitive accepte toutes sortes de finitions (papier de soie, peinture acrylique, etc..). Pour une meilleure rigidité du support du véhicule, on peut aussi utiliser une planchette de contreplaqué.

On s'inspire de la technique de fabrication des meubles en carton (nombreux exemples sur Internet).

## **Motorisation**

Deux moteurs électriques permettent le déplacement (Droite et Gauche) du châssis avec une roulette ou un train de roues libres à l'arrière pour la rotation.

Chaque moteur est alimenté par une pile plate 4,5V par l'intermédiaire de deux longs fils (2 à 3 m de câble téléphone).

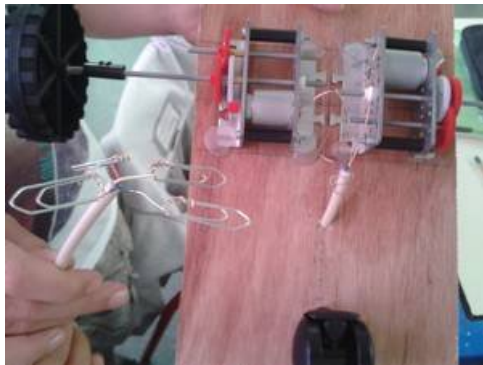
Un système de réduction à engrenages est utilisé ; Il comprend 4 roues dentées à train d'engrenages (10 dents et 50 dents) : deux trains sont solidaires des axes et deux autres sont libres sur les axes. On peut alors obtenir une réduction de :

$1/5 \times 1/5 \times 1/5 \times 1/5 = 1/625$  ce qui permet une rotation lente des roues motrices et un meilleur contrôle.

Les roues (bouchons ou roues « volant ») sont fixées directement sur l'axe ou bien vissées avec un domino d'électricité sur l'axe terminal moteur.

## **Montage**

L'ensemble est monté sur un châssis et piloté à distance sur un pupitre de contrôle comprenant une pile plate et deux interrupteurs.



Ensuite, les trois bornes de commande :

+ (commune pour les deux moteurs)

- moteur gauche

- moteur droit

sont reliées à l'ordinateur. Le branchement ne peut se faire directement sur le port entrées sorties (GPIO) car les intensités des courants nécessaires au fonctionnement des moteurs sont trop importantes pour le RPI.

Il faut alors construire une interface très simple à transistors et relais pour isoler les deux étages.

## **L'interface pour RPI**

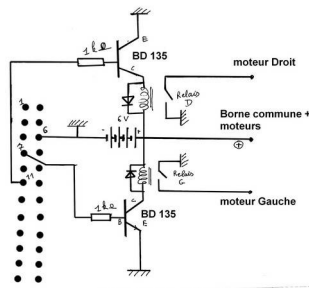
On convient de n'utiliser que deux broches du port GPIO en sortie pour commander les deux moteurs :

Broche 7 (pin 7) référencée GPIO 4

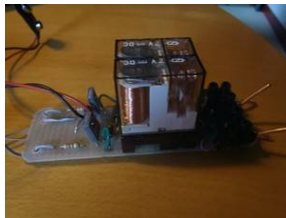
Broche 11 (pin 11) référencée GPIO17

Broche 6 pour la masse commune (du RPI et de la pile additionnelle).

Schéma du circuit (2 transistors BD 135 et deux relais).



Implantation sur plaque à bandes cuivrées et perforées



### **Préparation de la carte SD du Raspberry Pi**

La manipulation est un peu austère mais elle ne doit être faite qu'une seule fois à la réception de l'appareil.

Avec la distribution fournie sur la carte SD d'origine, le Raspberry Pi ne peut pas communiquer avec le robot par l'intermédiaire du logiciel Scratch : il faut modifier le code du logiciel pour le rendre compatible avec les broches d'entrée et de sortie de l'ordinateur (GPIO). Voici la procédure à suivre :

- Enfiler la SD Card d'origine (ou copier NOOBS\_v1\_3\_2)
- Brancher l'écran HDMI ou l'adaptateur VGA
- Brancher par USB le clavier et la souris
- Brancher le chargeur d'alimentation (mini USB)
- Choisir dans le menu la dernière option : Raspbian
- Configurer : garder le mot de passe /international/11 langage /enlever en.gb.UFT en appuyant sur ESPACE / choisir fr-FR-UFT et fr-FR-iso / choisir fr-FR / puis I2 timezone / europe /Paris / puis I3 keyboard / generic 105 key / other -French / french / use default keyboard /no compose key / yes pour ctrl Alt / enable caméra si vous en avez une / finish et reboot

Lancer Midori / nouvel onglet / google.com / chercher « scratch GPIO » / on tombe sur le site « cymplecy »

Retourner sur le bureau et lancer le LX Terminal puis coller les instructions telles qu'elles sont demandées sur le site.

*Relancer le Raspberry Pi*

*Une icône « SCRATCH GPIO 5 ou plus » apparaît : c'est ce logiciel qu'il faut utiliser pour la suite.*

### **Test du robot filoguidé**

*Lancer SCRATCH GPIO*

*Ecrire le programme ci-dessous en déplaçant les blocs de la gauche vers la fenêtre centrale de travail.*

- *Drapeau vert*
- *Envoyer à tous : pin7 high*
- *Attendre 2s*
- *Envoyer à tous : pin 7 low*
- *Attendre 1s*
- *Envoyer à tous : pin 11 high*
- *Attendre 2s*
- *Envoyer à tous pin 11 low*
- *Arrêter tout.*

**Mise en œuvre dans les classes.**

### **Découverte de la « Bee-Bot »**

*C'est une introduction à la robotique pédagogique.*

#### **Approche de la notion de robot et constructions**

*Découverte des robots (collection, images, photos, extraits de films..)*

*Construction de robots à plat et en volume en groupe*

*Construction de robots individuels (bon de commande, banques de matériel)*

#### **Utilisation du robot Bee Bot en GS**

*Accueil du robot en classe et manipulation libre*

*Parcours- déplacements sur quadrillage – jeux de cartes...*

*Un objectif est fixé : par exemple, faire le tour du quadrillage. D'autres consignes suivent pour développer progressivement la latéralisation droite-gauche et aussi la décentration par rapport à l'élève et la relativité des indications par rapport à l'objet.*

*L'objet Bee Bot tel qu'il est décrit semble être un jouet anodin. En fait, à l'utilisation avec les élèves, il se révèle avoir des possibilités pédagogiques très nombreuses.*

### **Robot filoguidé en cycle 3**

*Deux entrées sont envisageables selon le vécu expérimental des élèves et leurs prérequis : mécanique sur la transmission de mouvements et montages électriques.*

#### **Classe n°1.**

*Les élèves fabriquent un robot après analyse d'un prototype. La partie motrice du robot est camouflée. Les élèves émettent des hypothèses sur le fonctionnement du robot avant d'envisager sa fabrication. Ils mobilisent pour ce faire leurs connaissances dans les domaines du programme de sciences expérimentales et technologie « Circuits électriques alimentés par des piles, règles de sécurité, dangers de l'électricité » et « Objets mécaniques, transmission de mouvements ».*

*A partir d'un morceau de contreplaqué de 200x120mm, ils établissent, par groupe de quatre, un schéma du projet à réaliser, et déterminent une liste de matériaux à rassembler ainsi qu'une liste d'outils utiles.*

*La fabrication du robot implique la mise en œuvre de compétences diverses (mesures, actions techniques).*

*En parallèle, les élèves apprennent à se servir du logiciel SCRATCH qui leur permettra de piloter leur robot. Ils découvrent tout d'abord l'effet des scripts disponibles lors d'ateliers informatique, avant d'entrer dans une programmation (enchaînement d'actions prédéterminées) dans le but de réaliser un parcours imposé à tous.*

**(Voir annexe 1)**

#### **Classe n°2**

*Un défi technologique est lancé. « Incident au laboratoire DETOXY ! »*

*Les élèves démarrent ensuite leurs recherches par étapes successives.*

- *faire un châssis*
- *mettre des roues qui tournent lentement avec un moteur simple*
- *faire un pivot ou ajouter un essieu à l'arrière*
- *coller les éléments*
- *connecter les moteurs au fil téléphone*
- *connecter la pile et les interrupteurs*
- *tester le filoguidage*
- *préparer l'ordinateur*
- *tester la commande par le logiciel test*
- *préparer sur le cahier d'expériences un programme de commande SCRATCH*

- *par groupe, écrire les commandes sur l'ordinateur Raspberry Pi*
- *brancher son propre robot et tester son programme.*

*(Voir annexe 2)*

### **Conclusion.**

*Ce travail présenté en classe de maternelle, rappelle en bien des points l'expérimentation qui avait eu lieu dans les écoles primaires dans les années 90 avec la tortue de plancher utilisant le langage LOGO.*



*Cependant, en cycle 3, ses objectifs opérationnels sont très différents car l'activité a pour but essentiel de faire concevoir et réaliser par les élèves un objet technique simple mettant en lumière les connaissances acquises en physique (mécanique et en électricité).*

*C'est aussi une occasion de faire vivre l'informatique dans son rapport au monde réel et de proposer aux élèves d'aujourd'hui des activités simples de programmation comme l'initiation à l'apprentissage du code. C'est une véritable activité pédagogique qui ne devrait pas rester confinée à des activités périscolaires.*



## *Bibliographie*

[1] Komis, V., & Misirli, A. (2011). *Robotique pédagogique et concepts préliminaires de la programmation à l'école maternelle: une étude de cas basée sur le jouet programmable BeeBot*. In *Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif : Analyse de pratiques et enjeux didactiques*. Actes du quatrième colloque international DIDAPRO 4-Dida&Stic, 24-26 octobre 2011, Université de Patras. (p. 271 281). Consulté à l'adresse : <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676143>

[2] Upton, E., & Halfacree, G. (2012). *Raspberry Pi, le guide de l'utilisateur*, Ed Pearson

*Loïc Poullain,*

*Formateur en physique, chimie et technologie*

*ESPE de Bretagne, Site de Saint Briec*



*Emilie Girre, Manuel Arrieta*

*Etudiants en Master 1 MEEF*



## **Annexe 1 : le projet de la classe n°1**

### **Descriptif succinct de la séquence :**

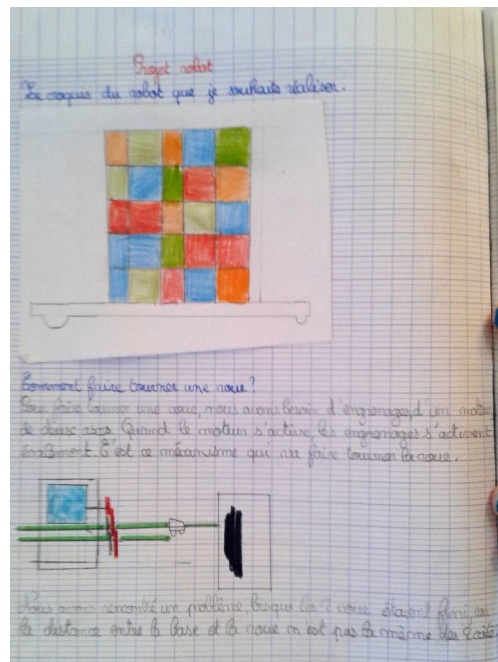
*L'activité principale liée à la fabrication de l'objet et celle dévolue à la découverte du logiciel scratch sont distinctes.*

### **Séance n°1 :**

*Découverte d'un prototype mis en fonctionnement. Echanges verbaux collectifs sur le fonctionnement de l'objet et sur la partie motrice (volontairement camouflée).*

*Trace écrite individuelle expliquant le fonctionnement du prototype (le vocabulaire introduit lors des échanges verbaux est disponible au tableau).*

Réalisation individuelle d'un croquis du robot que chacun voudrait réaliser.

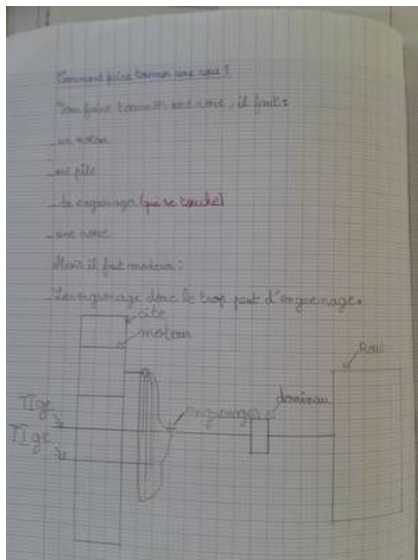


### Séance n°2 :

Composition des groupes de 4.

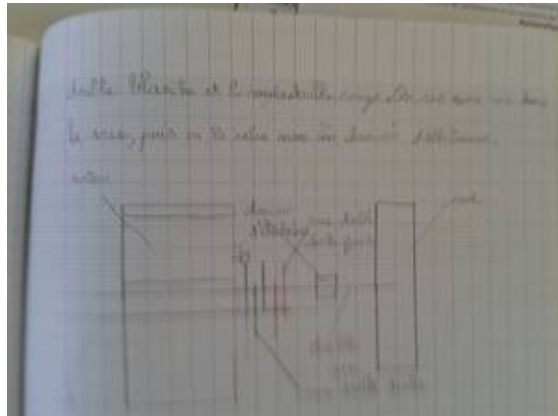
Définition dans chaque groupe du projet à réaliser.

Etablissement de listes de matériaux et d'outils nécessaires (2 morceaux de contreplaqué de 200x120 sont fournis à chaque groupe).



### Séance n°3 :

Montage des kits moto réducteurs (une documentation est fournie montrant différentes combinaisons possibles). Les élèves réalisent l'une d'entre elles.



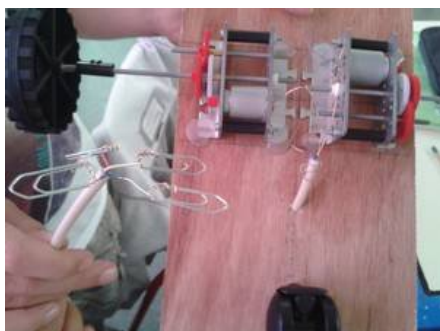
#### Séance n°4 :

*Les élèves solidarisent les axes des moteurs aux roues puis fixent les kits au châssis (des mesures et des tracés géométriques sont réalisés afin que les axes de rotation des roues soient alignés et perpendiculaires au châssis).*



#### Séance n°5 :

*Les élèves effectuent le montage électrique (plusieurs actions sont nécessaires dans la mesure où le câble fourni est composé d'une gaine abritant 4 câbles à dénuder et à fixer aux bornes des moteurs).*

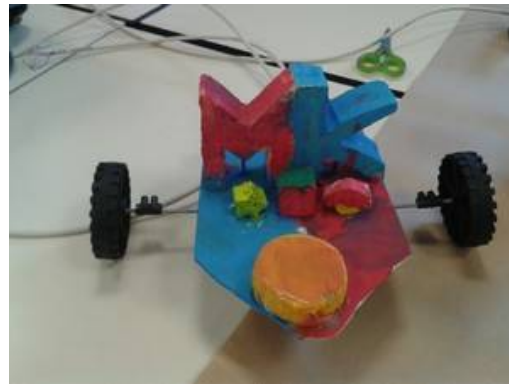


*Les premiers tests sont dès lors possibles afin de déterminer si le choix du montage du kit moto réducteur est judicieux. A ce niveau, des changements sont envisagés afin de rendre possible le mouvement des roues (les élèves*

remarquent qu'il doit y avoir 3 engrenages au moins en sortie pour réduire la vitesse de rotation du moteur et surtout permettre l'entraînement de la roue).

### Séances n°6 et 7 :

A l'aide principalement de polystyrène extrudé, les élèves réalisent le projet de « carrosserie » de leur robot puis le peignent. (Ces deux dernières séances relèvent des arts visuels).



### Programmation sous SCRATCH

Après une prise en main du logiciel au cours de séances informatiques, les robots sont connectés les uns après les autres sur le RPI afin de vérifier l'exécution des commandes. Pour ces séances, on utilise la version de base de SCRATCH qui se limite à l'animation d'un objet (généralement un petit chat).

Il aura manqué à cette partie du temps d'expérimentation puisque ces séances se sont déroulées les derniers jours de l'année scolaire.



## Annexe 2 : projet de la classe n°2

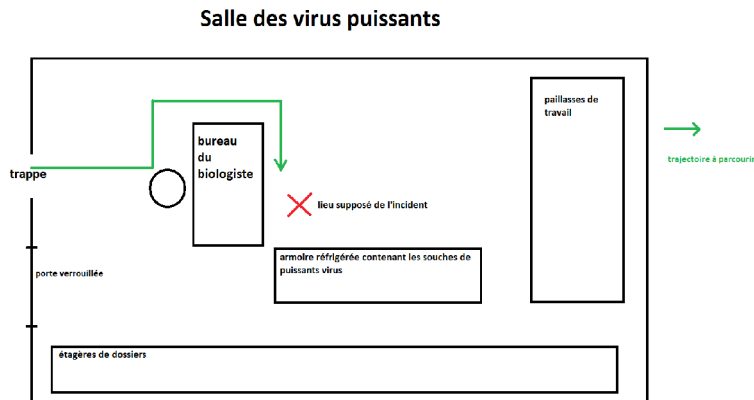
### Séance 1

#### Mise en situation

##### Incident au laboratoire Detoxy !

Dans un laboratoire de recherche sur les virus, un incident s'est produit. Le système d'alarme s'est déclenché dans une salle contenant des échantillons de virus très puissants. L'accès à toute personne est strictement interdit et la porte de cette salle a été immédiatement verrouillée. Seule une petite trappe sécurisée peut être utilisée pour introduire un robot de reconnaissance. Afin d'évaluer les risques et les dégâts, ce robot, qui sera filoguidé par un expert, devra parcourir quelques mètres puis contourner le bureau du biologiste afin d'accéder à la zone précise de l'incident.

Des chercheurs se penchent déjà sur la réalisation rapide de ce robot...

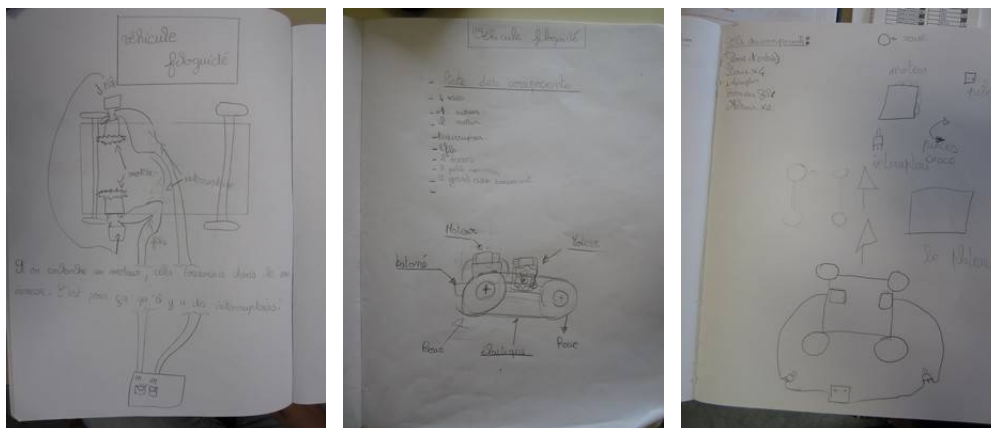


Suite à ce problème, les élèves vont essayer de trouver une solution en proposant un mécanisme de véhicule filoguidé permettant de résoudre ce problème tout en respectant les contraintes annoncées.

Ils seront placés par groupe de 4. Leur recherche devra être inscrite dans le cahier du chercheur d'un élève du groupe. Cette recherche va consister en l'élaboration d'une liste des composants nécessaires ainsi que d'un dessin explicatif légendé.

#### Consignes :

1. « A l'aide des connaissances que vous avez acquises durant les séances de sciences sur l'électricité et les mécanismes à engrenages, vous devez par groupe de 4, imaginer un mécanisme qui permettrait à un robot (véhicule) de réaliser la trajectoire décrite (quelques mètres tout droit puis contournement du bureau) en respectant les contraintes annoncées ( petites taille, filoguidé).
2. « Une fois le mécanisme imaginé, vous devez faire la liste des composants nécessaires et réaliser un dessin légendé de ce mécanisme. Un seul cahier du chercheur sera utilisé pour noter votre démarche et vos résultats. »
3. « Si vous le souhaitez, les mallettes « électricité » et « engrenages » sont à votre disposition pour rappel du matériel. Aucun montage n'est demandé aujourd'hui. Vous pouvez également utiliser vos cahiers de sciences si besoin. »



## Séance 2

Utiliser les réflexions de groupe de la 1ère séance afin de construire le mécanisme du véhicule filoguidé permettant d'accéder à un endroit précis sur une trajectoire non rectiligne.

Suite à la situation problème évoquée lors de la 1ère séance et compte tenu de la réflexion des élèves sur la construction d'un véhicule filoguidé permettant d'accéder à un endroit précis sur une trajectoire non rectiligne, les élèves vont être mis en situation d'expérimentation.

La seule contrainte imposée lors de cette séance est d'utiliser le matériel disponible. (Celui-ci est globalement constitué des composants souhaités par les élèves à l'issue de la séance 1. Seul le facteur « 1 seule pile » est imposé par l'enseignante.)

La classe est remodelée de façon à obtenir 6 îlots de 4 élèves. Ces îlots reprennent les groupes de travail des séances précédentes mais en classe entière il est plus pratique d'isoler les élèves de cette manière.

Sur chacun des îlots est disposé un bol contenant le matériel nécessaire.



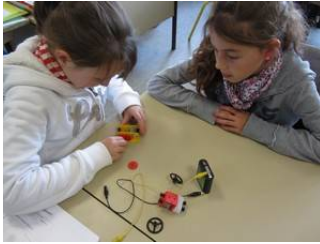
Les élèves sont ensuite invités à placer les composants comme ils le souhaitent. Le passage régulier de l'enseignante entre les groupes permet, au fur et à mesure de la recherche de relancer la réflexion.

L'assemblage est installé afin de vérifier le fonctionnement du mécanisme. Cette étape sert de validation.

Consignes :

« Vous avez sur chacune de vos tables, un bol contenant le matériel nécessaire à la réalisation du mécanisme que vous avez inventé lors de la séance précédente. Avec ce matériel, vous devez monter ce mécanisme afin d'en vérifier le bon fonctionnement. »

*Je vous rappelle que votre véhicule doit être capable d'avancer en ligne droite mais aussi de tourner à droite et à gauche et qu'il doit être filoguidé de loin.*



### **Séance 3**

*Poursuivre le montage du véhicule filoguidé permettant d'accéder à un endroit précis sur une trajectoire non rectiligne en reproduisant un second bloc moteur-engrenages-roue. Placer les roues arrière.*

*Réaliser un dessin du bloc moteur-engrenages-roue sur le cahier du chercheur par tous les élèves.*

*Lors de la séance précédente, chacun des groupes avait réalisé, soit seul, soit en copiant le modèle proposé en fin de séance, un bloc moteur-engrenages-roue. Lors de cette séance, le but est de reproduire un second bloc identique et de placer ces deux blocs sur la base du véhicule. Ensuite, les élèves placeront leurs roues arrière. Une fois ce travail de montage réalisé, ils devront faire le dessin du bloc moteur-engrenages-roue dans leur cahier du chercheur.*

*Pour les élèves qui auraient terminé, ils devront par groupe se mettre d'accord sur le montage du filoguidage.*

**Consignes :**

*« A l'aide du modèle réalisé la fois dernière, vous allez reproduire le bloc moteur-engrenages-roue. Une fois terminé, vous pourrez coller ces blocs sur votre base de véhicule ainsi que les roues arrière. Ensuite, vous devrez, chacun, réaliser le dessin de ce bloc sur votre cahier du chercheur. »*

*« S'il vous reste du temps en fin de séance, vous commencerez à réfléchir par groupe sur la façon dont votre véhicule pourra être filoguidé. »*



### **Séance 4**

*Les véhicules étant majoritairement opérationnels pour ce qui concerne le filoguidage : ils peuvent avancer tout droit, tourner à gauche, tourner à droite, s'arrêter avec une commande par interrupteur et une seule pile.*

*Par petits groupes de 8, les élèves sont pris en charge par un enseignant pour transférer la commande électrique sur l'ordinateur Raspberry Pi piloté par le logiciel SCRATCH.*

*Pendant qu'un groupe de 4 élèves travaille sur l'ordinateur, l'autre prépare ses lignes de commande sur son cahier de chercheur.*

