

Education technologique au Maroc

Osons la robotique pédagogique au collège autour de pratiques ludiques

Abdelkrim EL Marrakchi

Inspecteur des Sciences et Techniques Electriques
Chargé de mission pédagogique -Technologie au collège-
Académie Régionale de l'Éducation et de la Formation Marrakech Maroc
Président de l'Association Tawassol pour le Développement de la Technologie Marrakech Maroc
Tél : 0655273830 – inspcoordination@yahoo.fr

Mot clés : robotique, pratiques ludiques, supports didactiques, démarche pédagogique, suiveur de ligne, Aruino.

Résumé :

L'engouement pour les nouvelles technologies est très présent chez les jeunes. La robotique, en générale, fait partie des mini-projets technologiques les plus attractifs au collège. Le concours de vulgarisation de la robotique pédagogique (**Robotech**) piloté par l'Association Tawassol pour le Développement de la Technologie au Maroc, et organisé par le Ministère de l'Éducation Nationale et de la Formation Professionnelle, existe maintenant depuis deux ans, ne cesse de faire des adeptes. Avec toute l'énergie déployée pour promouvoir ce projet, surtout par les enseignants de technologie intéressés par **le concours Robotech**, nous croyons pouvoir développer chez nos élèves plus d'autonomie, de créativité, d'innovation et d'ingéniosité, mais surtout la fierté du travail en groupe encadré, accompli.

Le curriculum de la technologie aux collèges marocains recommande vivement de conduire une démarche de projet technologique hybride. Cela consiste et dans le cadre d'une démarche de projet industriel didactisée, faisant appel à deux démarches scientifiques imbriquées, d'étudier ou de réaliser un système pluritechnologique à partir de trois approches complémentaires :

1. approche fonctionnelle ;
2. approche scientifique et technique ;
3. approche de commercialisation.

Ainsi, il s'agit de la démarche d'investigation pour identifier les fonctions techniques de l'électronique, de la mécanique et d'automatisme. Aussi, vise-elle de mieux appréhender le principe de fonctionnement du système dans sa totalité. L'ensemble des apprentissages doit mener les élèves à être capable d'élaborer le modèle « chaîne d'information – chaîne d'énergie » ou « partie commande-partie opérative ». L'autre démarche complémentaire est la résolution de problème visant comme objectif l'amélioration des performances d'un produit « système technique ou service ». La robotique pédagogique, selon les expériences que nous avons entreprises auprès de nos professeurs ressources, nous a permis de mener des investigations et des résolutions de problèmes réussies par les élèves autour de connaissances technologiques qui ont toujours posé d'énormes problèmes d'acquisition chez les élèves.

1. Genèse de la robotique en enseignement technologique au Maroc

Notre première expérience remonte à 2006 lorsque nous avons organisé le premier concours de réalisation de systèmes pluritechnologiques encadrés. L'enjeu était de consolider l'acquisition et le développement d'une culture technologique chez les élèves en les poussant à travailler en groupe pour réaliser des systèmes automatisés connus afin de mieux comprendre leur environnement technologique (l'ascenseur, le portail automatisé, l'automatisation d'une barrière de parking, le château d'eau ...). Les activités à programmer reposent sur une vision transversale de l'enseignant de technologie qui doit faire intervenir des compétences multiples dans de nombreux domaines comme :

- La mécanique pour la construction de la partie opérative du système automatisé ;
- Les sciences physiques pour l'électronique de commande ;
- Le dessin technique pour les plans ;
- L'art plastique pour l'esthétique ;
- L'informatique pour le pilotage ;
- L'anglais pour l'exploitation de la documentation constructeur (datasheet) ;
- Etc...

Nos premières observations concernant quelques systèmes automatisés présents à cette première édition du concours ont révélé d'énormes conceptions des enseignants vis-à-vis du concept « système automatisé », ce qui influe impérativement sur les acquis des élèves. A cet effet, toutes nos réflexions en matières de recherches-actions - didactico-pédagogiques - se sont orientées autour de la problématique suivante : **comment corriger les représentations des enseignants de technologie pour assurer l'éducation technologique souhaitée ?**

Notre mission n'était pas facile puisqu'il a fallu travailler sur deux objectifs. Le premier consiste à encadrer les enseignants pour concevoir des supports didactiques permettant de mieux appréhender la notion de système automatisé, et par la suite, corriger leurs représentations. Le second, repose sur la démarche pédagogique à mettre en oeuvre en classe pour développer des compétences et des comportements chez les élèves.

Les réflexions entreprises nous ont conduit à adopter une démarche technologique hybride articulée autour de :

- La démarche de projet industriel retravaillée comme démarche mère ;
- Deux démarches scientifiques complémentaires (l'investigation et la résolution de problèmes).

En parallèle avec les réflexions portées sur la problématique centrée sur la démarche à mettre en oeuvre, nous avons pensé à des pratiques ludiques en classe ; les élèves apprennent en jouant. Les systèmes proposés sont des robots simples (Le robot suiveur de ligne noire et le robot détecteur d'obstacles pour la vulgarisation de la robotique au milieu collégial). C'est ainsi que la notion de robotique est introduite au cours de technologie au Maroc.

2. De la robotique à la robotique pédagogique.

Les compétences transversales clés recommandées par le référentiel de technologie au Maroc sont :

- Acquérir une démarche de pensée pour conduire un projet technologique simple encadré ;
- Maîtriser les techniques d'expression et les outils de communication techniques ;
- Travailler en groupe pour développer :
 - ✓ La confiance en soi ;
 - ✓ La responsabilité ;
 - ✓ La gestion du groupe ;
 - ✓ La gestion du temps ...

D'autres compétences spécifiques sont mentionnées dans le curriculum de technologie marocain qui sont :

- Exploiter les outils de l'analyse fonctionnelle comme outil de communication technique (La bête à cornes, le diagramme pieuvre, le FAST, le SADT ...) ;
- Modéliser un système pluritechnologique (Chaîne d'information-Chaîne d'énergie ou Partie Commande-Partie Opérative) ;
- Respecter les modalités et les normes de sécurité humain et du matériel.

Les activités d'enseignement-apprentissage à programmer par les enseignants de technologie doivent concourir aux développements des compétences transversales et spécifiques en mettant l'action sur quatre composantes qui sont :

❖ Les objectifs d'apprentissage établis par l'enseignant de technologie à partir de l'ensemble des capacités mentionnées dans le curriculum de technologie marocain ;

❖ Les niveaux d'acquisitions qui :

✓ Niveau un : niveau informationnel (*L'élève sait que la connaissance existe, comprend son utilité dans un contexte donné, en apprend une définition simple qu'il est capable de restituer*) ;

✓ Niveau deux : niveau d'expression (*L'élève est capable de citer la connaissance apprise, d'expliquer son utilité, de trouver, par lui même et dans des situations simples, pourquoi il faut l'appliquer*) ;

✓ Niveau trois : niveau d'utilisation d'un outil associé à une connaissance (*Dans une situation définie, l'élève est capable, seul, d'utiliser un outil de résolution adapté*).

❖ La situation déclenchante des apprentissages autour de la connaissance cible ;

❖ Le système pluritechnologique pris comme support didactique à exploiter pour mieux appréhender la connaissance cible.

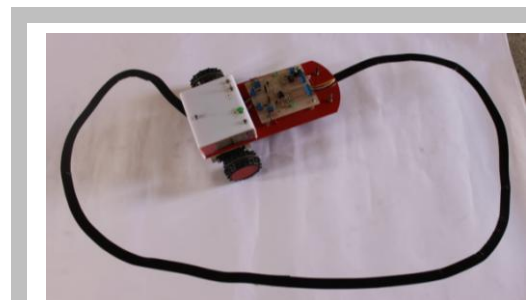
2.1 Exemple de connaissance cible par le cours de technologie au collège marocain : (Niveau : deuxième année du collège)

Capacités à développer	Niveau d'acquisitions	Les connaissances visées
Etre capable de :		
• Lire des schémas électroniques ;	2	
• Utiliser le Lab de test pour découvrir des fonctions techniques ;	3	• La fonction de commutation ;
• Identifier les composants électroniques et connaître leurs fonctions techniques ;	2	• La fonction d'amplification ;
• Organiser un poste de travail ;	3	• La fonction de temporisation ;
• Réaliser un circuit imprimé ;	3	• La fonction de signalisation ;
• Tester la continuité du circuit imprimé ;	3	• La fonction de détection ;
• Souder les composants électroniques.	3	

2.2 Notre première expérience en robotique :

Pour donner un sens aux apprentissages des élèves, nous avons tenté de choisir des supports didactiques qui suscitent l'intérêt des élèves du collège. Le premier robot testé comme support didactique est un suiveur de ligne noire.

La situation déclenchante des apprentissages consiste à faire une expérience devant les élèves qui sont vite intéressés et commencent à se poser des questions. Toutes ces questions aboutissent au principe de fonctionnement de cet engin capable d'identifier la couleur noire (Selon les conceptions des élèves). Ainsi, la question d'investigation est :



Comment le robot arrive t-il à identifier le ruban noir pour le suivre sur la plateforme blanche ?

Les intentions pédagogiques du professeur étaient centrées en premier sur la fonction de détection. Ainsi, les conseils administrés aux groupes d'élèves est de s'intéresser à l'organe qui interagit directement avec la plateforme d'évolution du robot. L'objectif était d'exploiter le phénomène physique en relation avec la réflexion de la lumière ; celle-ci est absorbée par la couleur noire et réfléchiée par les autres couleurs. Les investigations menées pour vérifier ce phénomène physique reposent sur l'exploitation de la solution technologique (expérience-observation-structuration de la connaissance) utilisée dans la réalisation du suiveur de ligne noire. A cet effet, les élèves observent le robot en évolution et remplissent le tableau suivant (**Une première séquence d'apprentissage d'une heure**) :

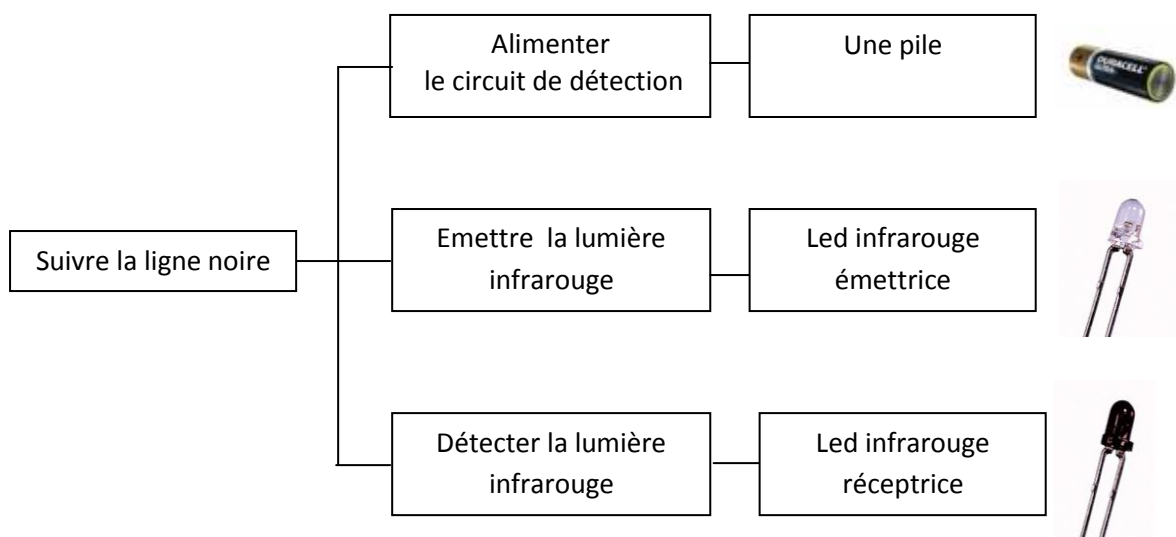
Expériences	Les observations des élèves
Regarder l'organe (Bloc d'émission et de détection de la lumière infrarouge) mis face à la plateforme d'évolution du robot.	On ne voit rien
Regarder cet organe au travers une caméra	On voit une lumière.
Evolution du robot suivant une ligne noire collée sur une plateforme blanche.	Le robot se déplace suivant la ligne noire.
Evolution du robot suivant une ligne noire collée sur une plateforme de couleur jaune.	Le robot se déplace suivant la ligne noire.
Evolution du robot suivant une ligne blanche collée sur une plateforme blanche.	Le robot se déplace librement.
Evolution du robot suivant une ligne noire collée sur une plateforme de couleur verte.	Le robot se déplace suivant la ligne noire.
Evolution du robot suivant une ligne noire collée sur une plateforme de couleur noire.	Le robot reste immobile.

Les conclusions reformulées dans le cadre d'une phase de structuration des connaissances sont :


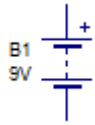
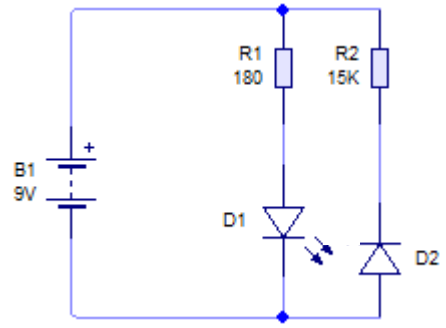

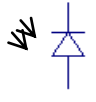

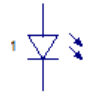
1. La lumière infrarouge est illisible à l'œil humain ;
2. La couleur noire absorbe la lumière infrarouge ;
3. La lumière infrarouge est réfléchiée par toutes les couleurs sauf la couleur noire.

Une fois le principe physique est vérifié, et pendant la deuxième séquence d'apprentissage de la séance, le professeur met à la disposition des élèves la solution mise en oeuvre à partir d'un diagramme FAST descriptif et le matériel adéquat pour consolider les acquis de la première phase d'investigation.

Ci-après le FAST descriptif de la solution technologique à identifier :



En plus du diagramme FAST descriptif ci-dessus, Le professeur met à la disposition des élèves le document suivant :

Aspect commercial des composants	Symboles électriques	Schéma électronique
		
		
		

Nota : La notion de résistance électrique est un pré-requis.

Pour définir la notion de détection, deux moyens à exploiter :

- L'expérimentation sur lab de test ;
- La simulation électronique (utilisation d'un logiciel libre).

Les premières conclusions reformulées dans le cadre d'une phase de structuration des connaissances sont :

- La diode D1 émet de la lumière infrarouge lorsqu'elle est alimentée par une source d'énergie électrique via une résistance de polarisation en série ;
- La diode D2 est conductrice lorsqu'elle reçoit de la lumière infrarouge.

Ainsi, le professeur exploite ces conclusions pour amener les élèves à définir la notion de détection. Parmi les définitions formulées par les élèves, on cite :

La fonction de détection est une transformation de la lumière infrarouge émise par la diode D1 à un courant électrique circulant à travers D2


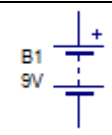

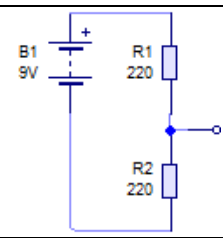


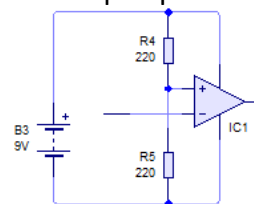
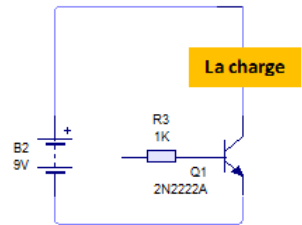


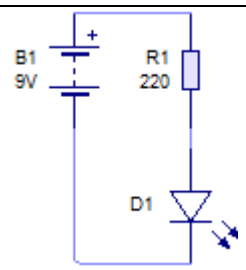

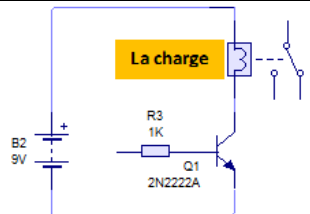

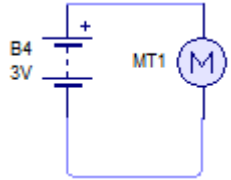
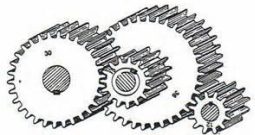
Le professeur encadre le groupe classe pour définir la fonction de détection en s'appuyant sur les acquis des élèves en cours de physique (**Notion de grandeur physique**). La conclusion reformulée est la suivante :

La fonction de détection technique est une transformation d'une grandeur physique en un signal électrique. Exemples de grandeurs physiques : vitesse, température, vent, pression...

Cette séance d'enseignement organisée en deux séquences d'apprentissage (1h/séquence) et à partir de l'exploitation du suiveur de ligne noire utilisé comme support didactique motivant, les élèves doivent être capable de :

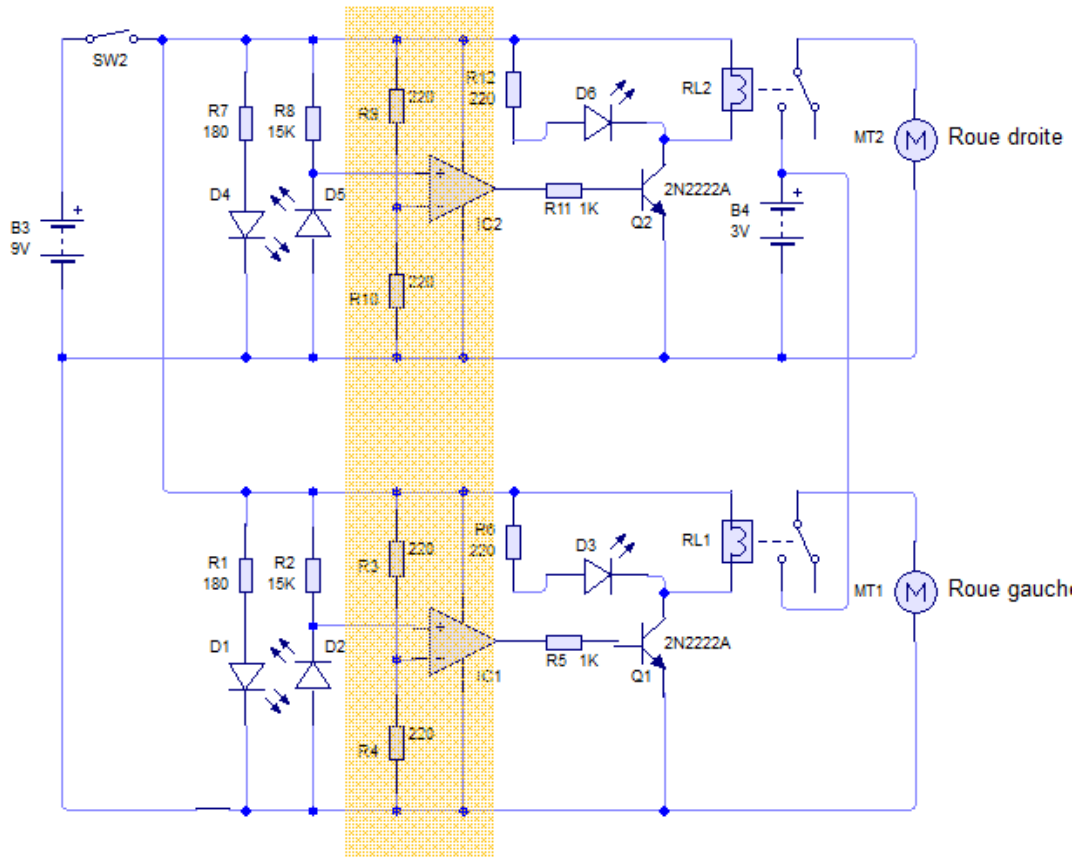
- ❖ **Définir la notion de détection comme fonction technique de l'électronique ;**
- ❖ **Reconnaître la résistance, les « LED » émettrices et réceptrices de l'infrarouge (A partir de leur aspect commercial) ;**
- ❖ **Identifier les « LED » émettrices et réceptrices de l'infrarouge sur un schéma électronique (A partir de leurs symboles électriques) ;**
- ❖ **Lire et exploiter un schéma électronique pendant une phase de simulation sur PC ou expérimentation sur Lab de test.**

La même stratégie pédagogique entreprise par l'enseignant pour faire découvrir aux élèves la fonction technique de détection et les composants associés a été adoptée pour les fonctions techniques suivantes :

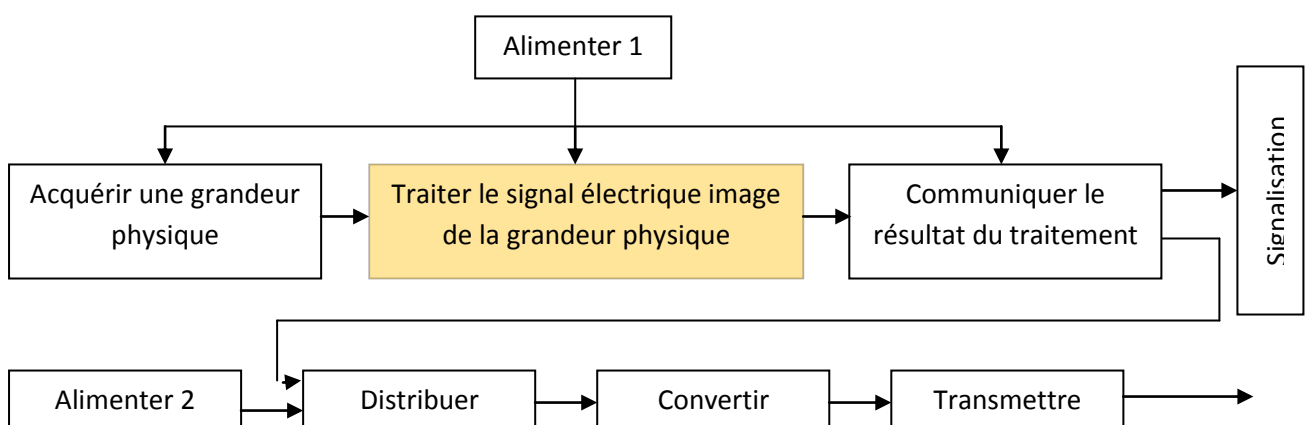
Fonctions techniques	Composants associés	Schéma électronique
Alimenter	Piles (pré-requis) 	
génération d'une tension de référence	Résistances (pré-requis) 	
La commutation	❖ Résistances (pré-requis) ; ❖ Amplificateur opérationnel.  ❖ Transistor ; 	❖ Par ampli opérationnel  ❖ Par transistor ; 
La signalisation	❖ Résistance ;  ❖ Led. 	
La distribution d'énergie	Le relais 	
La conversion de l'énergie	Moteur à courant continu 	
La transmission de mouvement	Train d'engrenages 	

Enfin toutes ces fonctions ont été assemblées pour remplir une fonction globale. Cette fonction consiste à commander la rotation d'une roue suivant la présence ou l'absence de la lumière infrarouge.

2.3 Utilisation du schéma global pour modéliser le système



A partir du schéma global ci-dessus, l'enseignant de technologie programme une séance d'apprentissage autour du modèle "chaîne d'information et chaîne d'énergie" en s'appuyant sur les séances antérieures. A cet effet, il anime le groupe classe pour retrouver les fonctions techniques acquises en utilisant le document suivant (Schéma bloc et le tableau) :



La fonction technique (schéma bloc)	La fonction technique (Schéma électronique)	Le composant clé
Alimenter 1	Alimenter	Pile 9V
Acquérir une grandeur physique	La fonction de détection	Led réceptrice de l'infrarouge
Traiter le signal électrique image de la grandeur physique	La fonction de commutation	Amplificateur opérationnel
Communiquer le résultat du traitement	La fonction de commutation	Transistor
Signalisation	Générer un signal lumineux	Led rouge
Alimenter 2	Alimenter	Pile de 3V
Distribuer	Distribuer la tension 3V au moteur à courant continu	Relais
Convertir	Convertir l'énergie électrique délivrée par 3V à une énergie mécanique	Moteur à courant continu
Transmettre	Transmettre l'énergie mécanique de l'arbre du moteur à la roue	Train d'engrenages

Les conclusions qui doivent être reformulées à l'issue de ce travail encadré et qui peut s'étaler sur deux séances (quatre séquences : 1h/séquence) au maximum sont :

- La notion de chaîne d'information et chaîne d'énergie ;
- Les sources d'énergie des deux chaînes peuvent être différentes.
- La complexité du schéma de commande du système est liée au nombre des interactions qui figurent au niveau du bloc de traitement du signal électrique représentant l'image de la grandeur physique.

Cette troisième conclusion nous a obligés de réfléchir sur une autre approche pour donner plus de possibilités à notre suiveur de ligne noire de se développer et de réaliser plus de performances. La logique câblée utilisée au niveau du bloc de traitement rend le schéma de commande très complexe pour un élève du collège. La résolution de ce problème nous a conduites à faire appel aux services de la logique programmée, donc à l'exploitation des services offerts par l'utilisation d'une carte **Arduino uno**. Ainsi, nos premières expériences sur la robotique pédagogique en enseignement de la technologie au collège ont vu le jour.

3. Nos premières expériences avec la robotique pédagogique.

Pour montrer aux enseignants les avantages offerts par l'utilisation d'une carte **Arduino Uno** dans le traitement (Bloc : traiter) de l'information issue du bloc d'acquisition (bloc : Acquérir), nous nous sommes intéressés dans un premier temps à la définition du terme robot d'une part, et d'autre part, sur la complexité du bloc de traitement au fur et à mesure quand cherche à augmenter les performances d'un système pluritechnologique en général.

3.1 Définition du terme robot

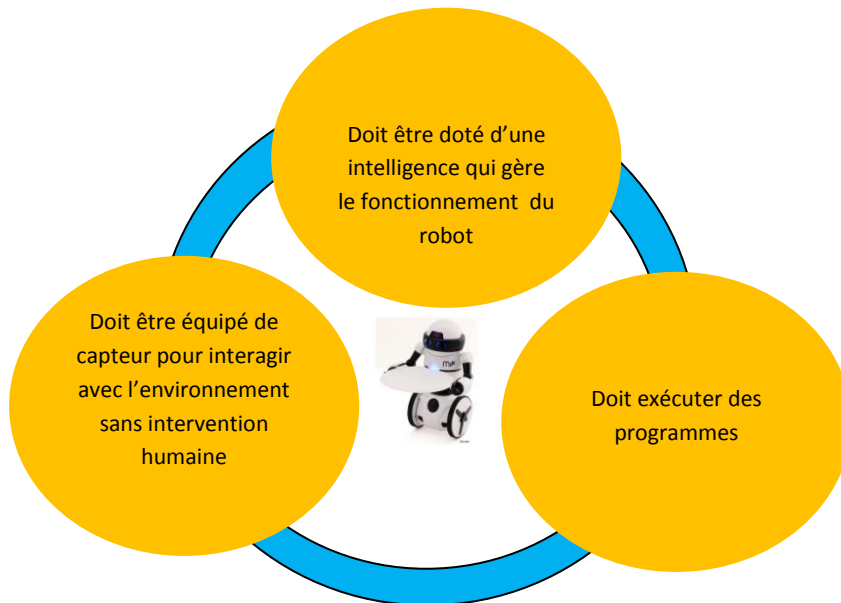
Nous avons en premier déclenché un débat autour d'une table ronde sur la définition du terme robot à partir de la question suivante :

Comment reconnaître un robot ?

Pour cela, les étapes suivantes ont été adoptées :

- Travail individuel : chaque professeur, et selon ses propres conceptions, a donné une définition du terme robot ;
- En groupe, chaque professeur a présenté sa propre définition personnelle ;
- En groupe, la discussion a été encadrée pour arriver à un consensus autour de la définition commune du terme robot ;

Le résultat de ce débat démontre qu'un robot doit posséder les capacités suivantes :



Ensuite, nous avons repris le suiveur de ligne noire pour vérifier la définition. Pour cela, on s'est posé les questions suivantes :

- Y a-t-il présence d'une intelligence qui gère le fonctionnement du suiveur de ligne ?

Réponse des enseignants : oui, cette intelligence réside au niveau de la fonction traitement réalisée d'une manière câblée.

- Y a-t-il des capteurs pour réagir à l'environnement sans intervention humaine ?

Réponse des enseignants : oui, la détection de l'infrarouge est réalisée par une led réceptrice de l'infrarouge.

- Y a-t-il exécution d'un ou plusieurs programmes ? Non. Notre système n'est pas programmé.

Il ne s'agit pas d'un robot, mais d'un engin suiveur de ligne.

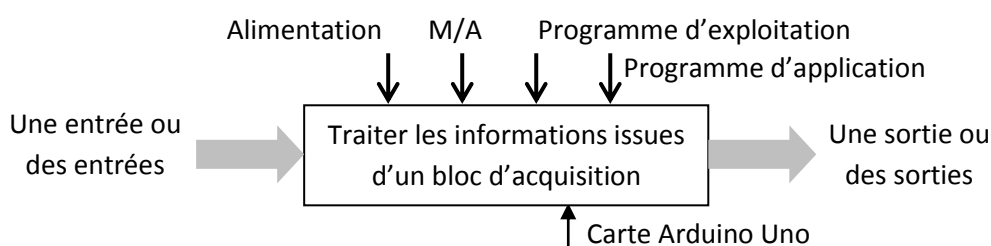
3.2 D'un suiveur de ligne à un robot suiveur de ligne.

Notre réflexion au sein du club d'innovation et de la recherche pédagogique piloté par l'inspection provinciale spécialisée de technologie à l'AREF de Marrakech propose l'utilisation de la carte **Arduino Uno** comme solution à mettre en oeuvre pour doter notre suiveur de ligne d'une intelligence programmée. Cette proposition a été contestée par un certain nombre d'enseignants sous réserve que les élèves n'ont pas les compétences nécessaires pour conduire des travaux de programmation.

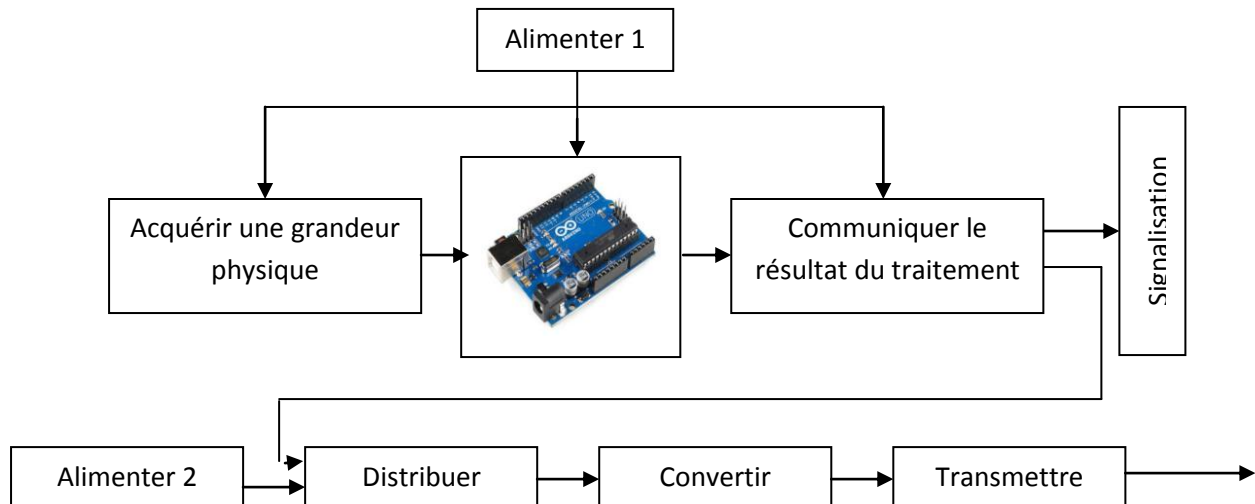
Actuellement, l'utilisation de la carte **Arduino Uno** est utilisée par certains professeurs dont le but est :

- d'augmenter les performances des applications robotisées pour des fins de vulgarisation de la robotique au collège ;
- de développer des compétences liées à l'algorithmique chez les élèves ;
- de simplifier les schémas de commande des robots étudiés et réalisés.

Cette carte sera exploitée dans un premier temps comme étant une boîte noire qui réagit en sortie par rapport à ses entrées selon des données de contrôles.



Le robot pédagogique suiveur de ligne noire repose maintenant sur l'utilisation d'une carte Arduino Uno. Cette carte remplace les composants électroniques qui rendaient le bloc de traitement de la chaîne d'information compliquée au fur et à mesure quand cherche à augmenter les performances du robot en question.



Conclusion :

Une question très importante qu'on se pose actuellement au Maroc concernant l'éducation et la formation, est comment éduquer les jeunes et les sensibiliser à intégrer les filières scientifiques et technologiques ? Notre vision stratégique doit être centrée sur la promotion des sciences et des techniques dès l'âge du primaire. Il faut donc donner de l'importance à la science et à la technologie pour donner du sens aux différents apprentissages à travers la découverte de la beauté et de l'intelligibilité du monde ou nous vivons, comme celle du pouvoir de l'homme d'agir sur celui-ci, seraient des motifs suffisants.

Il ne faut pas imaginer qu'on peut instaurer une éducation scientifique et technologique par des pratiques traditionnelles (cours théoriques et exercices d'application). La pratique, même élémentaire de la science et de la technologie, donne aux jeunes des outils d'investigation, de résolution de problèmes et d'expérimentation. Ainsi, nous offrons les conditions d'amélioration des capacités des jeunes pour comprendre et analyser le monde qui les entoure.

Nos recherches-actions en relation avec l'enseignement de la technologie au Maroc, s'intéressent sur la manière d'encourager la curiosité des jeunes au collège, d'améliorer leur façon de raisonner et de développer leur esprit critique. La robotique pédagogique est une solution parmi d'autres qu'il faut encourager pour concrétiser cette vision. Les résultats de nos travaux d'encadrement pédagogique en matière de robotique pédagogique auprès des enseignants de technologie sont encourageants et nous pensons que la deuxième édition du concours **Robotech2015** qui a été organisée le 28 Mai 2015 par le Ministère de l'Education Nationale et la Formation Professionnelle en collaboration avec notre association, à démontrer d'excellent résultats.

Bibliographie :

- Catherine Reverdy. Des projets pour mieux apprendre. Revue d'actualité veille et analyse numéro 82 Février 2013.
- Abderrahman Mouradi. Abdelkrim EL Marrakchi. Le système technique et son rôle dans la construction des apprentissages en cours de technologie. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'inspecteur de technologie. Centre de formation des inspecteurs Rabat Maroc. Année 2013.