Projet Pendule Inversé

Inverse Pendulum Balancing Project

Par: Dominic Robillard

Mark Janelle

Isabelle Brulé

Introduction

•Inverse Pendulum Balancing is a phenomenon that is widespread in the world around us.

•The human body is capable of incredibly precise balancing, thanks to our biological sensors, such as our eyes and (inner) ears.

•In the robot world however, such balancing is actually a fairly complicated process, and requires advanced sensors and significant computing power to adjust and balance the pendulum.

•This project is our attempt to recreate a Segway style balancing robot, and the study of the principles required to effectively control this robotic system.

Qu’est-ce qu’un pendule inversé?

- N’importe quel objet qui doit s’équilibrer dans une position normalement « instable »

- Celle-ci peut prendre la forme d’un humain, un robot, un bras de robot, un Segway, ou même un balais dans la paume de ta main

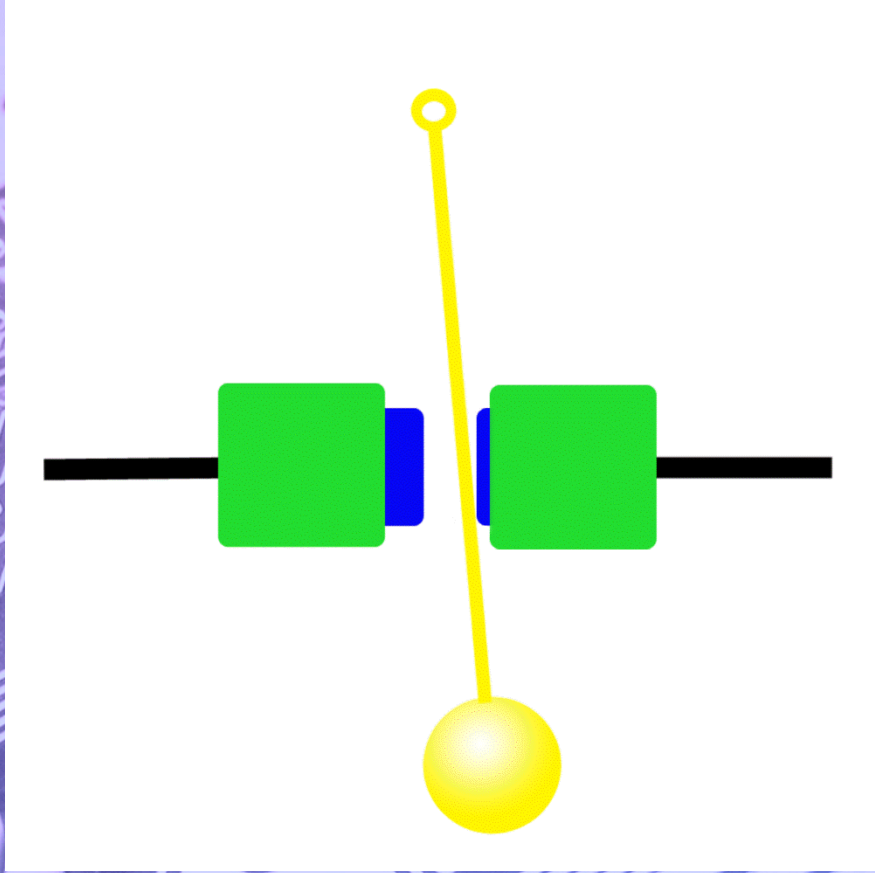
Le segway

Qu'est-ce qu'un accéléromètre?

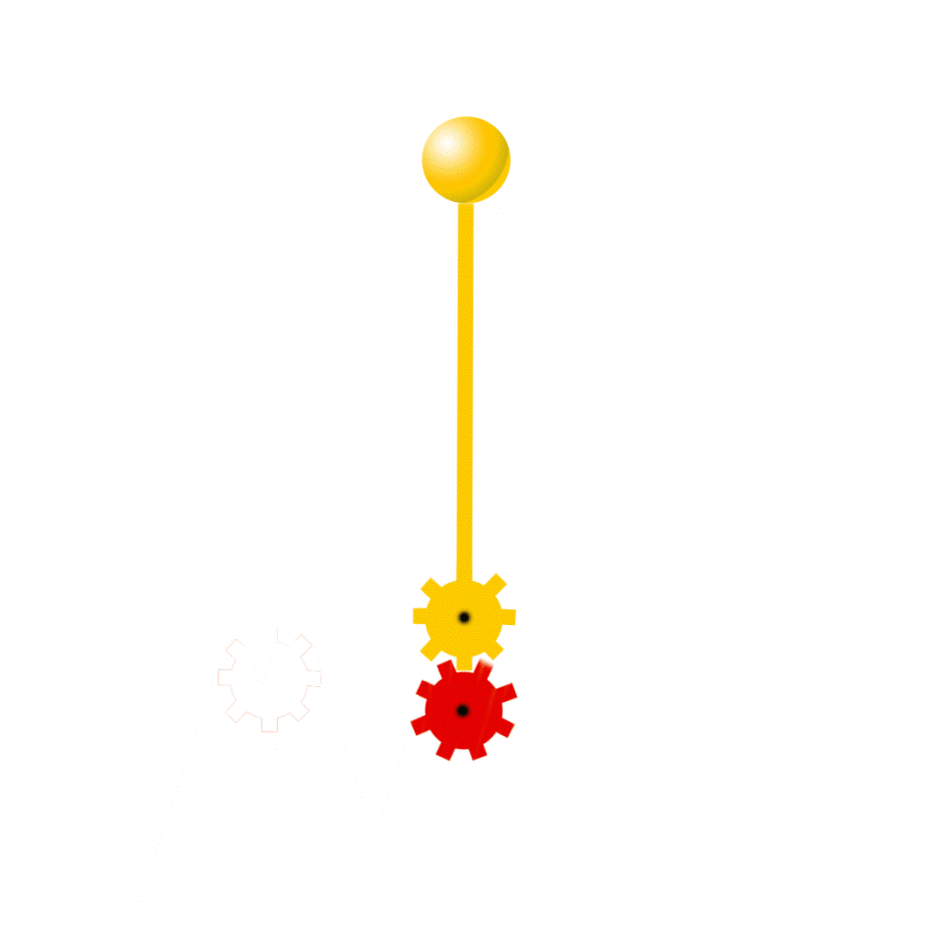
- Un accéléromètre est une petite composante micro-électromécanique.

- Quand il n'est pas en mouvement, la masse n'exerce pas de force sur les capteurs, et l'accélération est donnée comme 0V.

- Quand il y a une accélération, la masse ne suit pas exactement le même mouvement, et exerce une force sur les capteurs: l'accéléromètre génère alors un voltage.



Principe derrière notre projet



- Au début, le pendule est vertical, à l'équilibre dans sa position instable
- La gravité, ou une autre force affecte son équilibre, et il commence à tomber
- On détecte la direction du mouvement grâce à un accéléromètre fixé sur le pendule
- Le moteur est actionné, et remet la pendule à sa position d'équilibre.

Le Robot Mindstorms

- Au début, nous avons tenté de faire un robot Mindstorms qui pourrait s'auto équilibrer

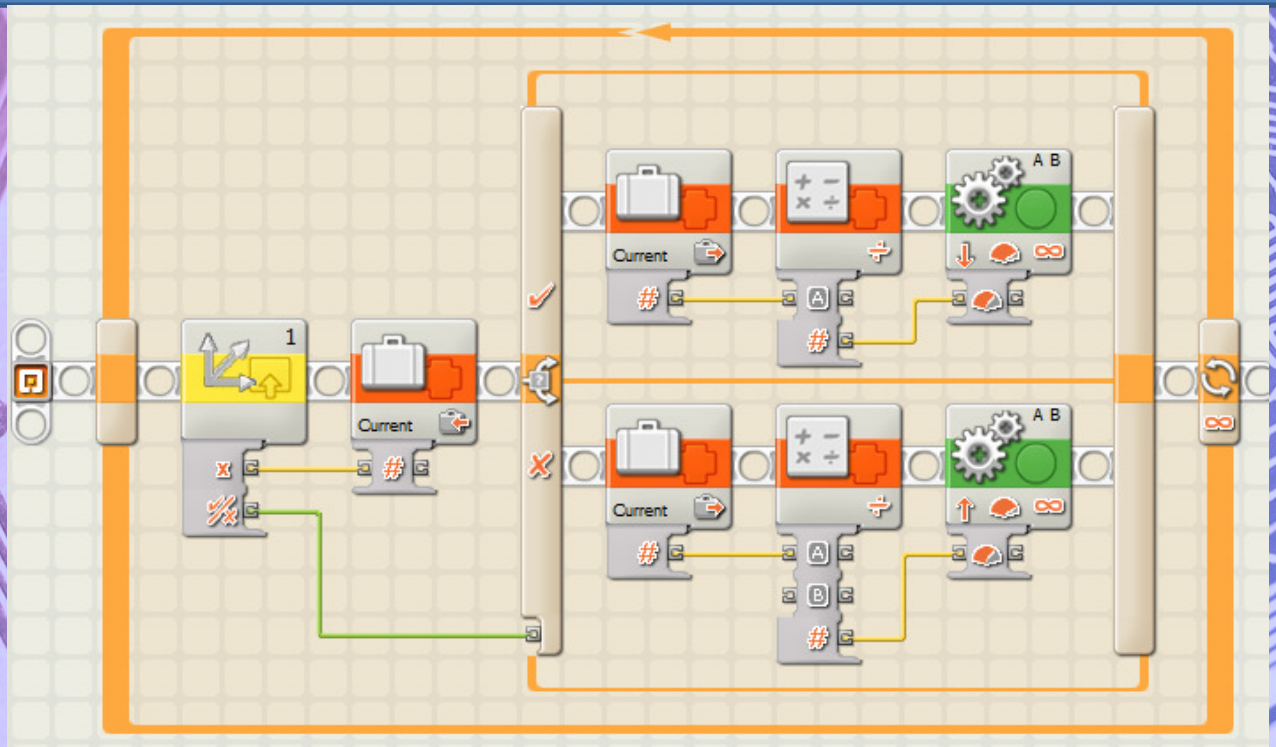
- Le Langage de programme du NXT est trop complexe pour être décodé rapidement par le processus, donc, le temps de réaction du robot est lent.

- Si on l'aide, en supportant les roues, le problème d'équilibre devient plus simple, et il peut se redresser à la verticale.

- L'accéléromètre est au niveau de l'axe des roues, pour diminuer l'effet des accélérations causés par la rotation

Le Mindstorms (continué)

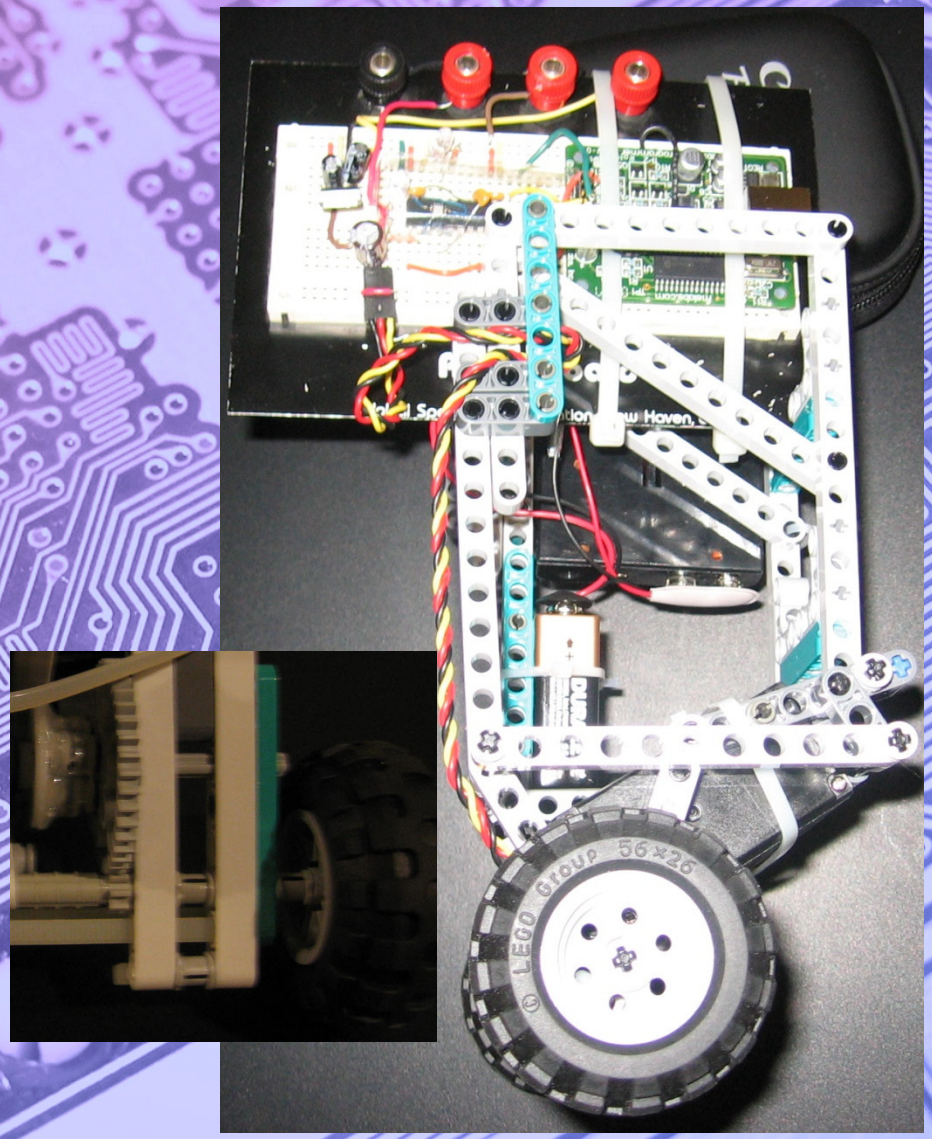
•Le programme du Robot Mindstorms est simple:
-Lire l'accélération (tilt)
-Déterminer la direction de mouvement, selon la valeur (>0, <0)
-Déterminer la puissance des moteurs (proportionnel au tilt)
•Répéter, à l'infini



NXT

Balance Bot

- Les problèmes avec le Mindstorms ont mené à la décision d'essayer le même robot avec un système différent.
- En utilisant le langage C, et le circuit qui sera présenté, on a pu concevoir un robot qui réagit plus rapidement
- Le robot, avec un seul accéléromètre, peut presque rester à l'équilibre.
- Parce que le moteur est puissant, mais lent, on utilise des engrenages pour augmenter la vitesse des roues.

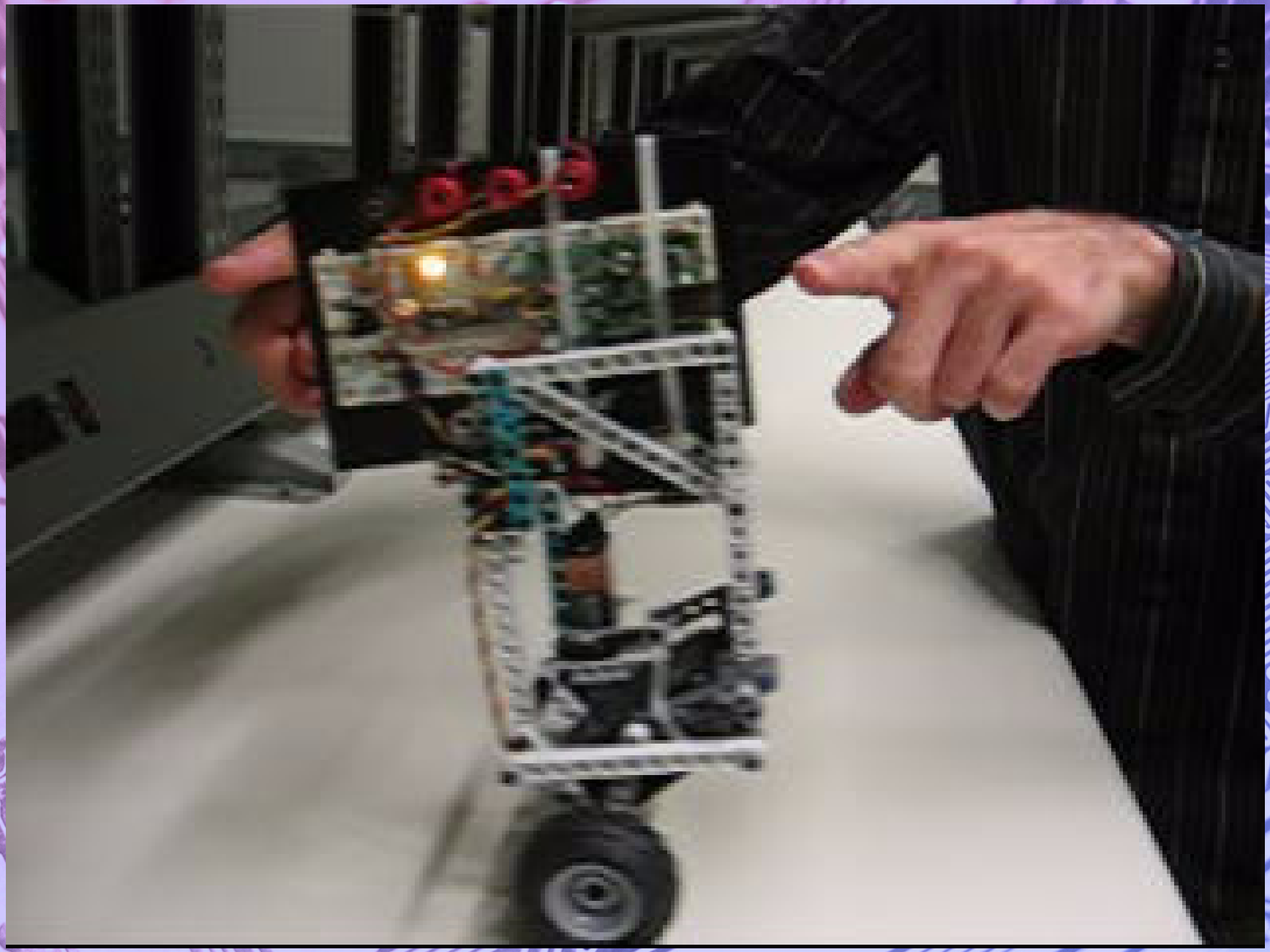


Programme et Avantages

•Le programme pour le Balance Bot fonctionne sur le même principe que celui du Mindstorms : Si le robot penche vers l'avant, les roues avancent. Si il penche vers l'arrière, il recule.

•Il est écrit en C, un langage plus efficace, qui permet au petit microcontrôleur de gérer plus rapidement les données nécessaires. Le temps de réaction est alors meilleur.

•L'accéléromètre est très sensible. Il peut détecter de très petites accélérations ce qui donne au robot un équilibre plus précis.



Problèmes

•Le Balance Bot et le Mindstorms sont tous les deux limités par un facteur important: l'utilisation d'un seul accéléromètre comme senseur

•Normalement si le pendule ne se déplace pas (angle et position fixe), il est facile de calculer l'inclinaison. Ceci est rendu possible par la gravité qui est mesurée comme une accélération.

•En déséquilibre, l'accélération mesurée est causée par la rotation, surtout l'accélération tangentielle, qui est sur le même axe que l'axe qu'on utilise pour calculer l'inclinaison.

•L'accélération mesurée est aussi influencée par le mouvement du moteur.

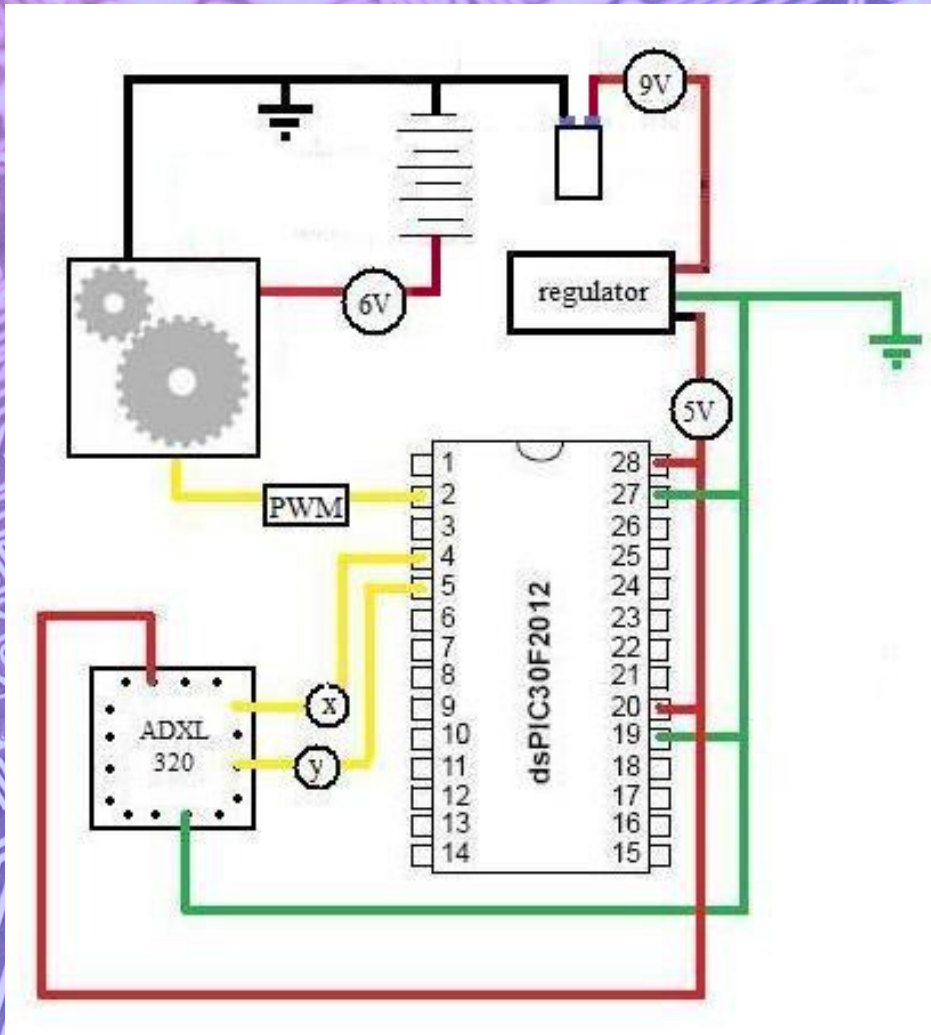
•L'utilisation d'un accéléromètre est insuffisant pour équilibrer le robot. Il faut utiliser d'autres senseurs.

Exemple

•Par exemple un gyroscope: un gyroscope est un senseur qui permet de mesurer la vitesse de rotation. En combinant un gyroscope et un accéléromètre, il est possible d'équilibrer le robot. C'est le principe du Segway

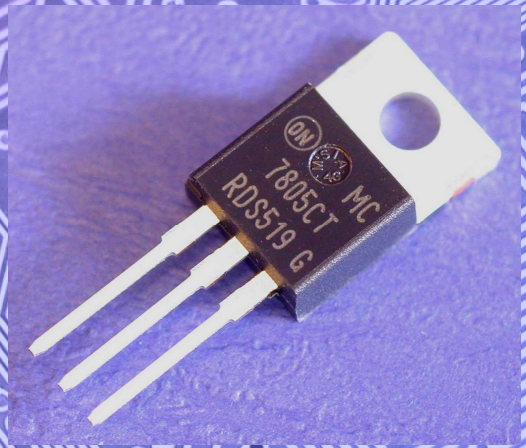
Notre circuit pour le Balance Bot

- Source d'énergie
- Régulateur de tension
- Microprocesseur
- Accéléromètre
- Servomoteur



Composantes du circuit

- L'énergie du circuit, et la puissance du moteur est fourni par des piles.
- On utilise le 9V pour le microprocesseur, et les AA (6V) pour le servomoteur.
- Il est mieux séparer la source d'énergie du servo et du processeur, sinon le servomoteur prend toute l'énergie, et le microcontrôleur ne reçoit pas de courant
- Le voltage de la pile 9V est réduit à 5V par un régulateur de tension, pour protéger les composantes du circuit.

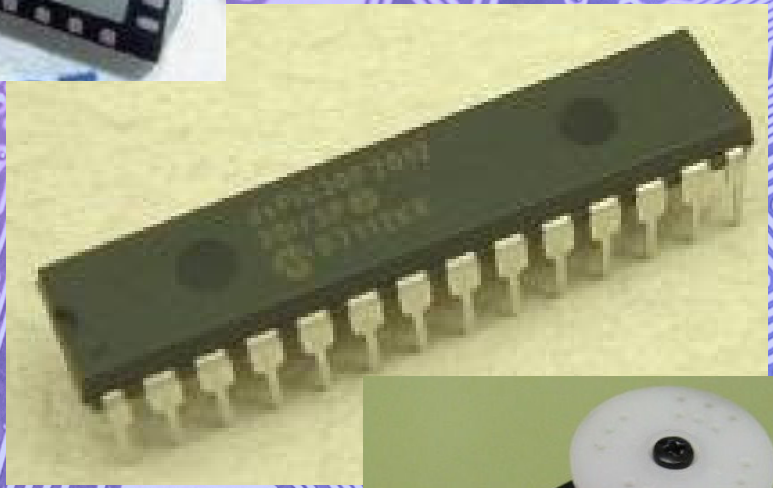


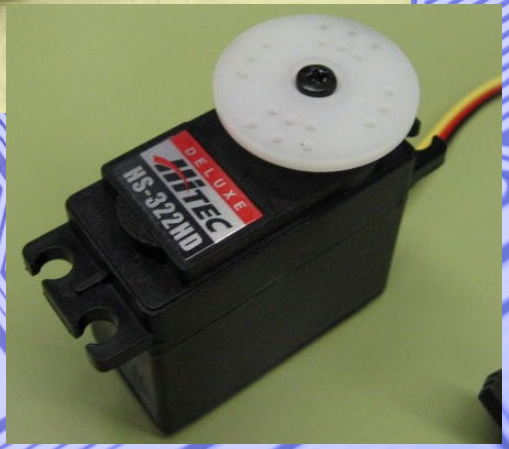
Composantes (continué)

- L'accéléromètre (haut) détecte les accélérations et envoie un signal d'un certain voltage au contrôleur.

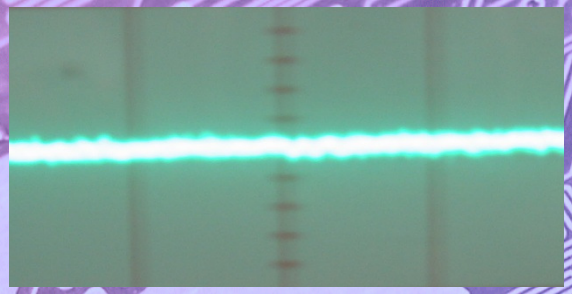
- Le contrôleur (milieu), un ordinateur miniature, exécute un programme qui permet d'interpréter l'accélération (calcul de l'inclinaison)

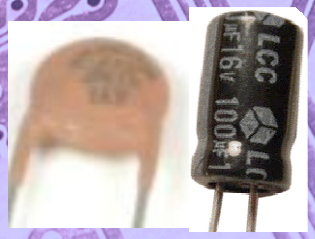
- Le processeur envoie les instructions au servomoteur (bas). Les instructions déterminent la vitesse de rotation, et la direction du servomoteur .

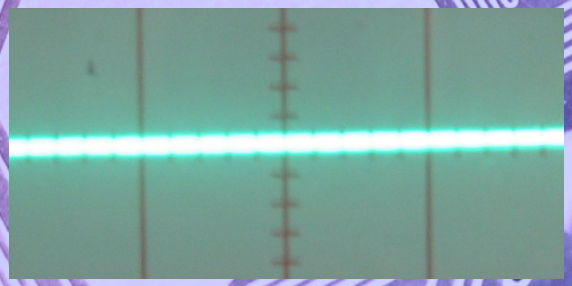




Condensateurs







- Tous les circuits ont un certain niveau de bruit électrique. Par exemple si vous mettez votre baladeur très fort sans musique, vous pourriez entendre ce bruit électrique.

- Les condensateurs sont des petites composantes électroniques qui permettent d'emmagasiner de l'énergie.

- Par ce même effet, on peut les utiliser comme filtres, pour filtrer et nettoyer les signaux dans notre circuit

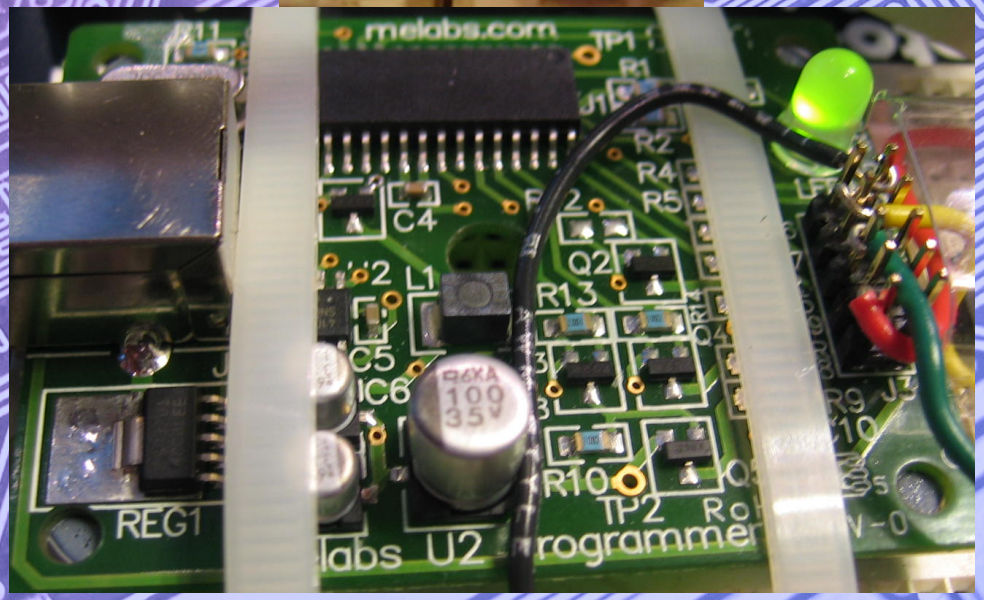
- On les retrouve avant et après l'accéléromètre, et de chaque côté du régulateur de tension.

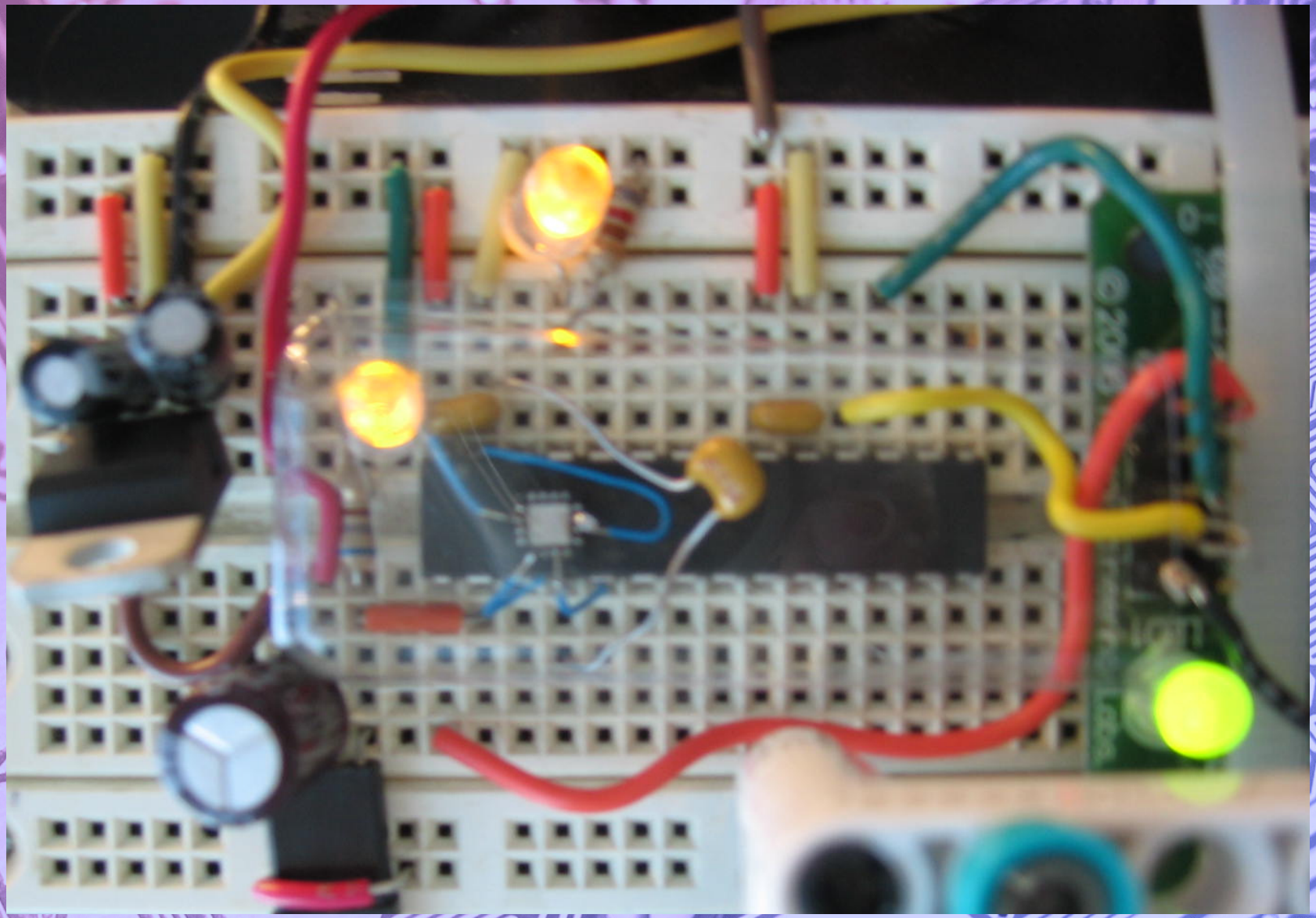
Autres Composantes

- Le circuit inclut plusieurs LED, et résistances.

- Celles-ci servent simplement à voir si le circuit fonctionne correctement, si le courant se rend là où on le veut, et les résistances limitent le courant dans les LEDs pour les protéger

- Le circuit « Melabs » nous permet de connecter notre circuit à un ordinateur avec un câble USB, ce qui nous permet de modifier le programme du microcontrôleur.





Conclusion

•Il a été montré qu'il est possible de déterminer l'inclinaison du robot s'il ne tombe pas avec un accéléromètre.

•Un accéléromètre ne suffit pas à garder le robot en équilibre par lui-même. Il a besoin d'autres senseurs pour corriger les effets dûs aux mouvements du moteur et à la rotation du robot lorsqu'il tombe d'un côté.

Recap

- Pendulum balancing is a simple principle, and requires only that the proper sensor be used to detect movement of the pendulum, and then have the computer determine the correct movement of the motor to rebalance the unstable pendulum.

- The Lego Mindstorms Robot proved to be inefficient at balancing itself, simply because the programming language was too complex, and this slowed down the processing speed, and increased the reaction time of the robot.

- Our Balance Bot used a simple circuit and C programming language to simplify the system and speed up the reaction time.

- However, in both cases, we saw that a single accelerometer was insufficient to balance the robot, because the tilt was not the only acceleration measured by the robot: there was tangential, normal accelerations from rotation, and the horizontal acceleration from moving.