

**Projet initial de système embarqué**  
**Travail pratique No. 3**  
**Le PWM de façon logicielle**

---

**Objectif:** Pouvoir contrôler les moteurs du robot

**Durée:** Une semaine

**Travail préparatoire:** Aucun

**Documents à remettre:** Aucun (mais sujet à un quiz d'ici quelques semaines)

**Présentation en classe:** [fichier LibreOffice Impress](#)

---

«Celui qui trouva le premier les roues et les pignons, eût inventé les montres dans un autre siècle.»

*-Jean le Rond d'Alembert*

## Situation

Durant les deux dernières semaines, vous vous êtes familiarisés avec la carte à microcontrôleur et sa programmation. Ce laboratoire sera également axé sur la programmation en introduisant de nouvelles fonctions. Nous utiliserons ce qui a été vu dans les semaines précédentes pour commencer à contrôler un moteur à courant continu.

Pour bien comprendre comment contrôler les moteurs, on doit d'abord avoir une idée du rôle du circuit du pont en H sur le robot. Initialement, il est impératif de lire cette [brève description de son fonctionnement](#). De plus, la mise au point de ce circuit peut présenter des difficultés. Un [guide de mise au point](#) a été rédigé pour faciliter cette expérience. Pour approfondir les outils de mise au point, il faut consulter la section sur les [appareils de laboratoire](#) et la section [vidéo](#).

## Le PWM

Les signaux périodiques sont très importants en électricité et en informatique. Par exemple, les signaux d'horloge ont cette caractéristique de périodicité. C'est aussi dans cette catégorie que se trouvent les signaux de type PWM (pour «Pulse Width Modulation» en anglais, modulation d'impulsion en durée en français). Il s'agit tout simplement d'une onde plus ou moins carrée et périodique dont on contrôle la période active ou haute («duty cycle», en

anglais) par rapport à la période totale de l'onde (rapport  $a/b$  de la figure 1). Ce rapport est souvent mesuré en pourcentage. Un PWM de 50% est une onde carrée parfaite.

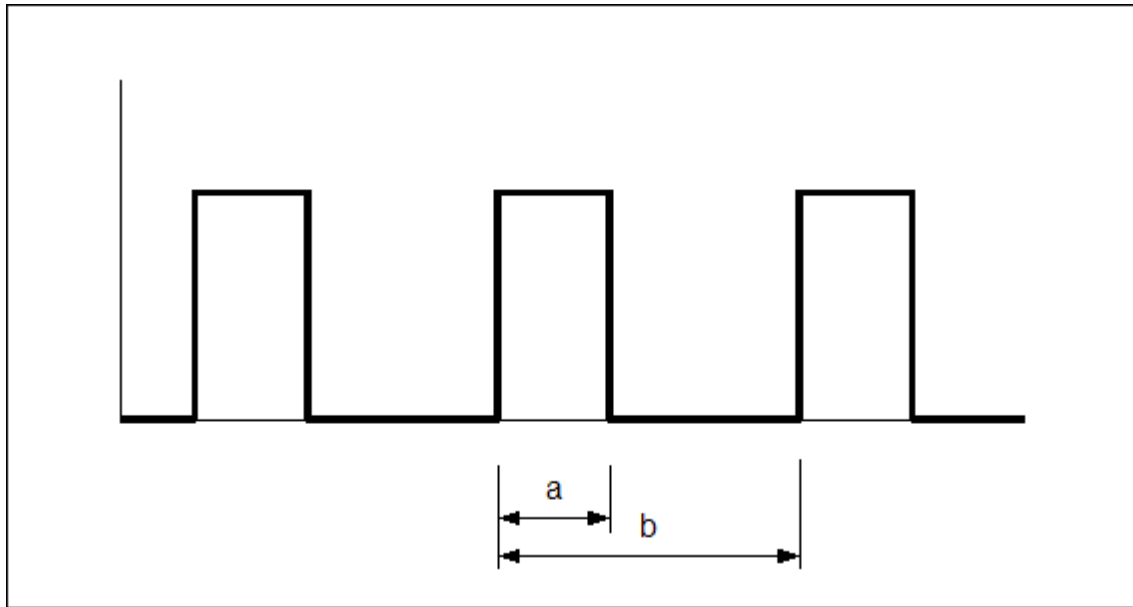


Figure 1 : Onde PWM avec rapport  $a/b$

Pouvoir générer des ondes PWM est très important dans de nombreuses situations de contrôle, en particulier pour varier la vitesse des moteurs à courant continu tels que ceux du robot. Plus le rapport  $a/b$  sera élevé (disons 90%), plus les moteurs tourneront rapidement. À l'inverse, si la durée de «a» est faible par rapport à «b» (10% par exemple), les moteurs tourneront à basse vitesse. De plus, comme la fréquence d'un signal se définit comme l'inverse de la période, il faudra prendre une valeur de «b» qui est raisonnable. Si cette valeur est vraiment trop grande, vos moteurs risquent d'avancer par coups répétés («toussés») ! On peut même entendre un signal PWM si la fréquence est dans l'intervalle audible ce qui peut être agaçant. Cet autre site peut aussi être consulté au besoin pour une bonne explication du PWM : <http://www.barrgroup.com/Embedded-Systems/How-To/PWM-Pulse-Width-Modulation>

## Problèmes

### Problème 1: Atténuation d'une DEL

Comme on l'a vu durant la première semaine, une DEL ne peut qu'être éteinte ou allumée. Par contre, on peut tromper l'œil humain. L'exercice demandé ici consiste à faire atténuer progressivement la luminosité d'une DEL. Autrement dit, de faire comme si la DEL s'éteignait en 3 secondes plutôt qu'abruptement. Cet objectif est réalisable facilement en diminuant tranquillement le rapport  $a/b$  d'un signal PWM qui alimente une DEL. On devra donc retourner au code écrit pour la première semaine, mais en générant un signal PWM pour alimenter la DEL. De plus, on devra contrôler encore une fois le moment où la valeur d'un signal de sortie

passer de 0 à 1 et de 1 à 0 et compter les durées passées au niveau haut et au niveau bas. Par contre, la fréquence (inverse de la valeur de «b») devra demeurer constante à 1 kHz. Faites cette atténuation pour la couleur rouge dans un premier temps et la couleur verte dans un deuxième temps (ou l'inverse). Comme le microcontrôleur tourne à 8 MHz, il faudra encore lui faire perdre beaucoup de temps. Bien optimiser votre code pour vous assurer que le microcontrôleur fasse le minimum de calculs dans vos boucles. Montrez votre code et ce qui se passe sur la carte au chargé de cours pour le contrôle de votre séance.

## Problème 2: Contrôle des moteurs du robot

Ici, on utilisera le robot pour la première fois. On fera tourner une seule roue pour l'instant. Par contre, nous imposerons des fréquences de 60 Hz pour la fréquence de la période du signal PWM dans un premier temps et de 400 Hz dans un deuxième temps. De plus, nous vous demandons de faire fonctionner le PWM pour un rapport a/b de 0%, 25%, 50% et 75% et 100% pendant 2 secondes chaque. Votre roue tournera donc 20 secondes au total (les 10 premières à 60 Hz et à 400 Hz pour les 10 autres). Le chargé de laboratoire vérifiera avec l'oscilloscope que vous générez les signaux correctement.

## Directives de montage

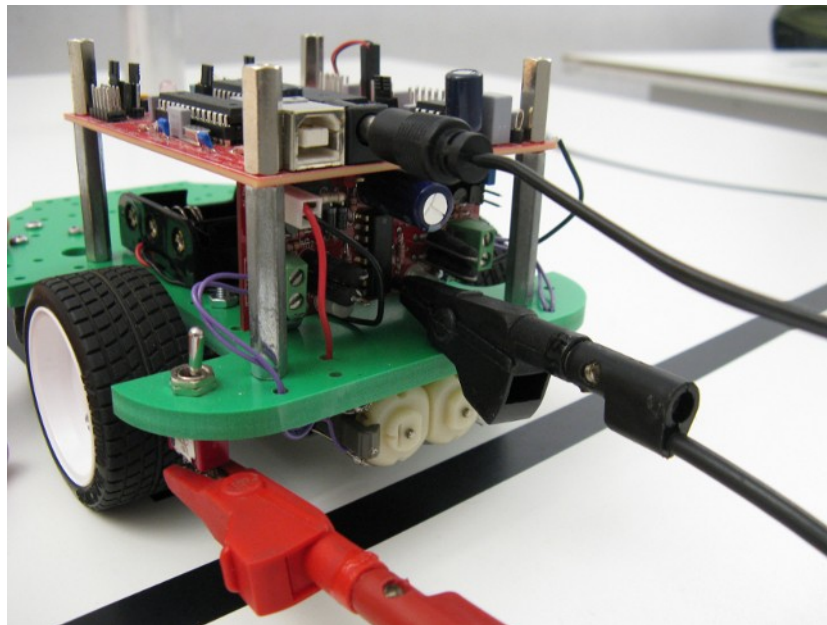
- Monter la carte mère sur le robot si ce n'est pas encore fait. Bien s'assurer que les signaux de mise à la masse de la carte mère et du circuit du pont en H soient bien reliés par le fil avec des œillets aux deux bouts que vous avez vissés avec le circuit imprimé du pont en H lors du montage.
- Comme vous ne faites tourner qu'une seule roue pour l'instant, placez un bloc (ou ce qui peut faire office de bloc!) sous l'ensemble engrenages-moteurs de façon à ce que les roues ne touchent pas au sol et puissent tourner librement. Une telle disposition vous sera utile pour le reste du trimestre de toute façon lorsque vous aurez besoin de mettre au point divers autres aspects du robot.
- Votre signal PWM sortira par une broche d'un port (par exemple: port B0 – 1ère broche du port B). Il faudra aussi mettre un signal d'une broche adjacente en sortie (soit port B1 ou port B2) à zéro ou à un. Ce signal constant sera relié au circuit du pont en H pour imposer une direction au moteur. La direction n'est pas importante pour le moment. Ce détail sera réglé plus tard. Pour l'instant, au moins, ce signal ne sera pas laissé flottant sur le circuit du pont en H.
- Il faut relier un câble à deux fils de la carte mère au pont en H. Le point départ sur la carte mère est le couple signal PWM et signal constant de la directive précédente. Sur le circuit du pont en H, il pourra s'agir du côté droit ou gauche du pont en H (soit le connecteur JM1 ou JM2). Nous vous recommandons de prendre des câbles avec la paire de fils jaune et orange pour ce montage.
- Utilisez le [multimètre pour vérifier le fonctionnement correct du pont en H](#). Cette section du site web est à la fois un tutoriel sur l'utilisation du multimètre et une

procédure par étapes pour en arriver à mettre au point le pont en H. Il s'agit d'un bon exercice pour débiter.

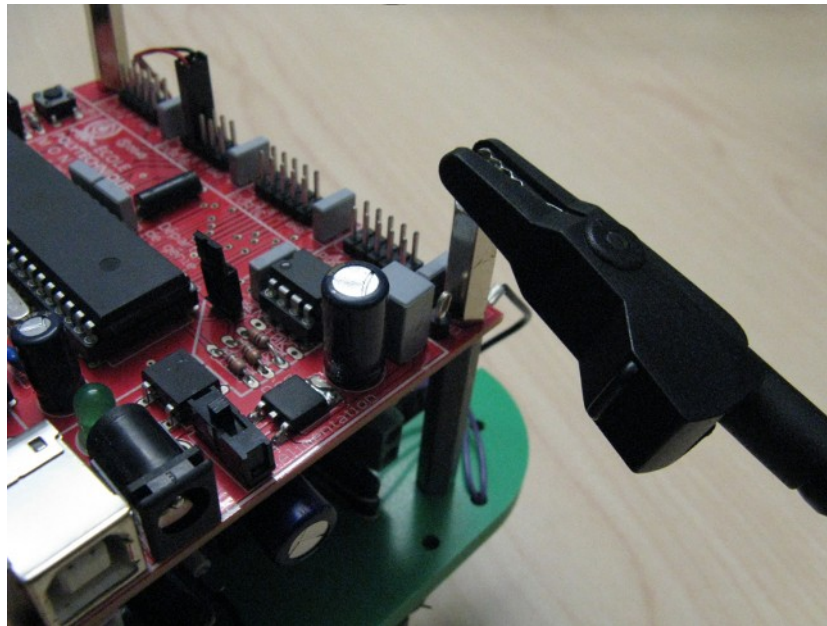
- Passez du temps à travailler avec l'oscilloscope pour ajuster vos signaux PWM. Les chargés de laboratoire vous aideront pour cette partie, au besoin. Par contre, ces vidéos sont une introduction au fonctionnement de cet appareil très puissant pour analyser les circuits électroniques.

## Alimentation du pont en H

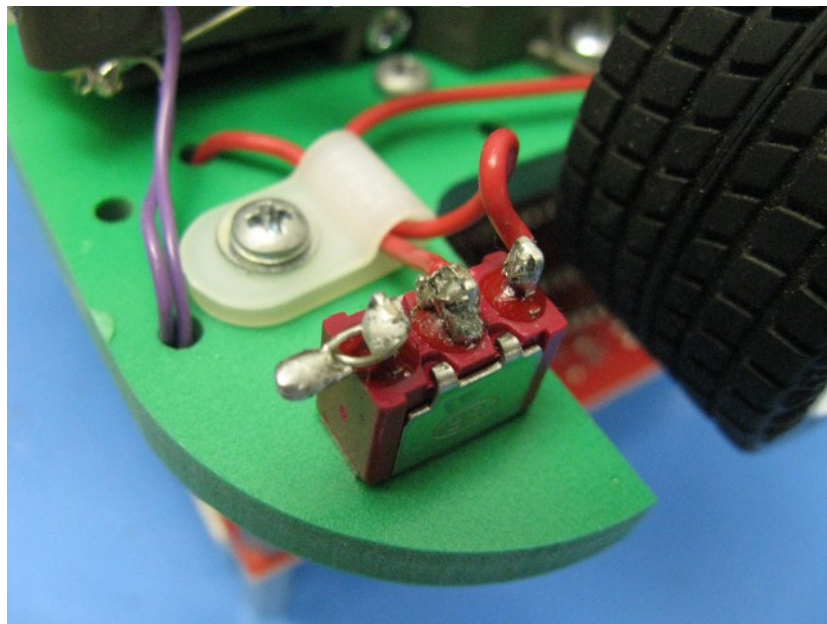
Le pont en H peut, bien entendu, être alimenté par 6 piles AA insérées dans les 2 réceptacles noirs sur et sous la base du robot. Pour bien des tests, il est par contre recommandé de limiter l'utilisation de piles et réduire les coûts en laboratoire. La remarque est d'autant plus intéressante qu'une très bonne source de tension est disponible au laboratoire pour fournir la tension nécessaire. La photographie ci-dessous montre qu'en utilisant les fils d'alimentation noir et rouge (attention, la polarité est importante), on peut relier une source de tension au pont en H. La pince crocodile du fil noir (à la masse) peut être placée sur le point de test noir (GND) du pont en H. La pince crocodile du fil rouge doit se brancher à l'interrupteur rouge sous la base du robot.



La masse est la même pour le pont en H et la carte mère et les trous de montage et les tiges qui les traversent peuvent aussi offrir une prise alternative si l'option vous semble plus intéressante. Un vis peut être placée tout au haut d'une tige de montage pour procurer une bonne prise à la pince noire par exemple:



L'interrupteur rouge sous la base du robot en est un à trois positions. Celle du centre est reliée réellement au pont en H. La seconde est reliée à l'alimentation par piles AA. Comme la dernière position est inutilisée, il peut être intéressant de s'en servir pour ajouter une extension de quelques millimètres avec du fil monobrin pour favoriser une bonne prise avec la pince crocodile rouge. De cette façon, la bascule de l'interrupteur permettra d'être en position sans alimentation (OFF), alimenté par pile ou alimenté par la source de tension.



## Suivi logiciel

Le code développé pour résoudre ces deux problèmes devra être placé dans votre entrepôt Git. Les noms des fichiers et les répertoires où ils doivent être placés sont laissés à votre discrétion. Vous aurez besoin de ce code plus tard dans la session.