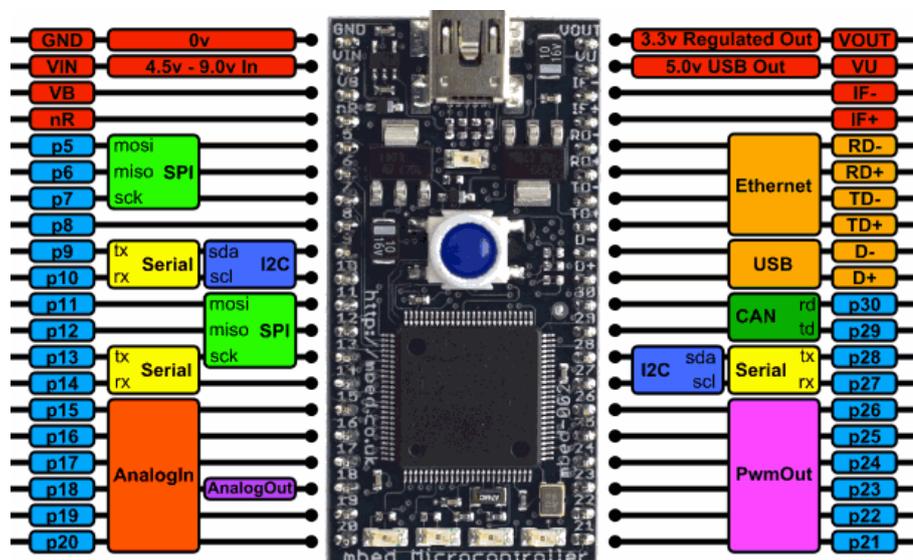


Partie 6

Modulation de Largeur d'Impulsion et Machine à Etat

PWM & State machine



Plan du cours

- 6.1. Modulation de Largeur d'Impulsion (PWM)
- 6.2. Application utilisant des PWM
- 6.3. PWM sur mbed
- 6.4. Contrôle d'un servo moteur
- 6.5. Machine à état
- 6.6. Codage des machines à état en langage C

6.1. Modulation de Largeur d'Impulsion (PWM)

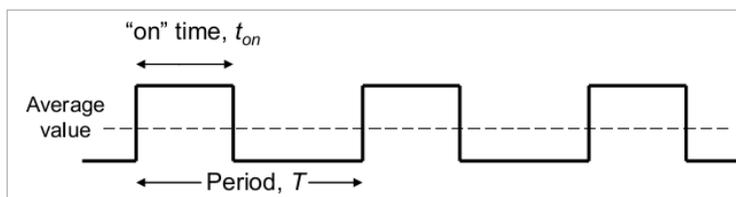
Une modulation de largeur d'impulsion (P_____ W_____ M_____ = **PWM**) est une méthode simple qui permet de _____

La commande par PWM est **utilisée dans de nombreuses applications** (communications, robotique, moteurs...)

En général la période est constante et c'est la largeur de l'impulsion, c'est-à-dire la durée _____, qui est variable.

Le rapport cyclique est _____

Rapport cyclique (duty cycle) = $100\% * (\text{_____}) / (\text{période})$



A chaque instant le signal PWM a une valeur moyenne (average en anglais) matérialisée ici par un ligne en pointillés

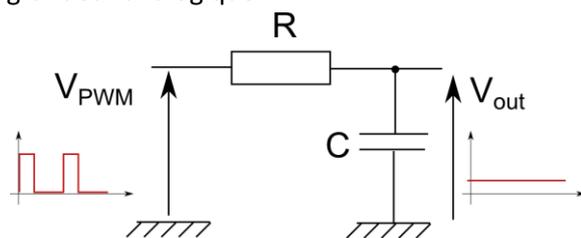
Si le temps haut est petit la valeur moyenne sera _____

Si le temps haut est grand la valeur moyenne sera _____

En contrôlant le rapport cyclique on contrôle donc la valeur moyenne.

La valeur moyenne du signal PWM peut être obtenue avec un _____

Si la fréquence de coupure est très _____ à la fréquence du signal V_{out} sera une grandeur analogique



Condition : $f_{coupure} = \text{_____} f_{signal}$

En pratique, il n'est pas toujours nécessaire de réaliser ce filtrage, la plupart des systèmes physiques ont des caractéristiques physiques qui agissent comme _____.

6.2 Applications utilisant des PWM

Composants utilisant la PWM en robotique

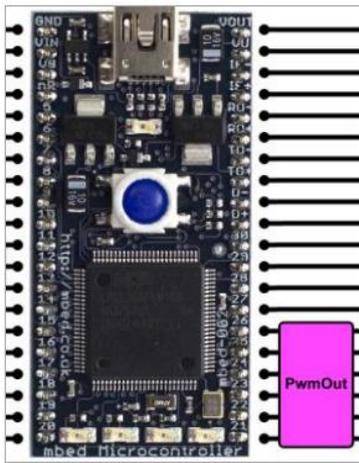
- Contrôle des moteurs à courant continu (commande du hacheur)
- Commande des servo-moteurs
- Capteur à sortie PWM (ex : télémètre SFR05)

- Communication (modulation d'impulsion codée) utilisée en audio

Avantages :

- Contrôle par microcontrôleur possible
- Bon rendement énergétique
- Meilleure tolérance au bruit
- Pas d'effet de dérive en température

6.3 PWM sur mbed



6 sorties PWM sont disponibles sur les broches

La classe _____ permet de contrôler la _____ et le _____ des sorties PWM

Les méthodes associées au type PwmOut sont dans le tableau ci-dessous :

PwmOut	Utilisation/méthode
PwmOut	Crée une variable de type PWM associée à une broche
write	Fixe le rapport cyclique, float compris entre 0.0 et 1.0
read	Renvoie la valeur du rapport cyclique, float compris entre 0.0 et 1.0
period period_ms period_us	Fixe la valeur de la période, en secondes (float), millisecondes (int), et microsecondes (int), en gardant le rapport cyclique constant
pulsewidth pulsewidth_ms pulsewidth_us	Fixe la valeur de la largeur de l'impulsion, en secondes (float), millisecondes (int), et microsecondes (int), en gardant la période constante

Exemple : Génération d'un signal PWM de fréquence 100Hz et de rapport cyclique 35%

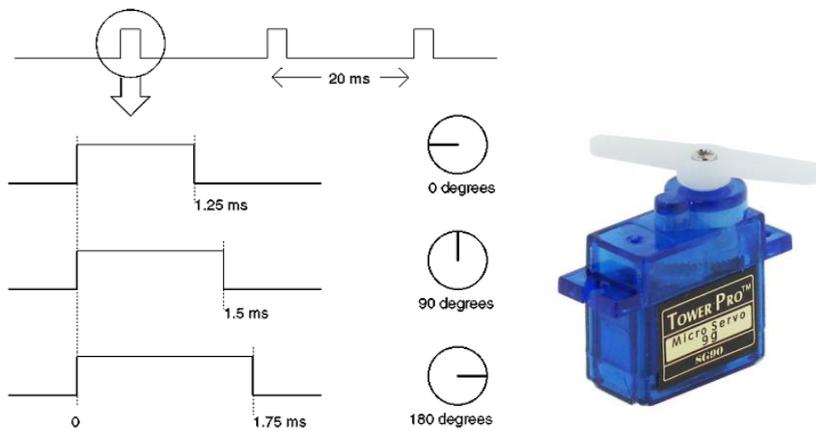
```
#include "mbed.h"
PwmOut PWM1(p21);
int main() {
    PWM1.period(0.010); // fixe la période à 10ms
    PWM1.write(0.35); // fixe le rapport cyclique à 35%
    while(1){
    }
}
```

Exemple : Contrôle de l'intensité lumineuse d'une LED

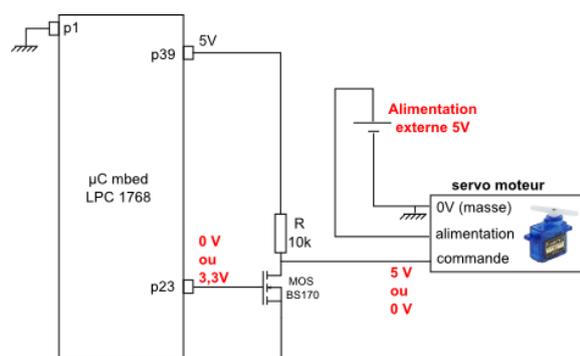
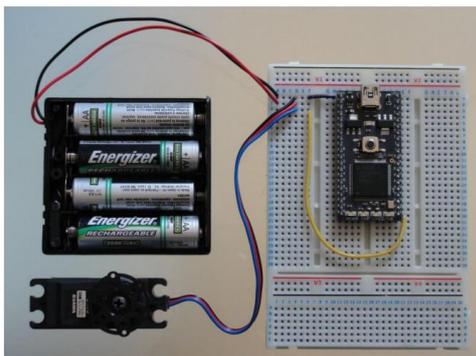
```
#include "mbed.h"
Serial pc(USBTX, USBRX);
PwmOut Led(LED1);
float intensite=0.0;
int main() {
pc.printf("Contrôle de l'intensité de la Led\n\r");
pc.printf("Pressez '+' ou '-' \n\r");
while(1) {
char c = pc.getc();
wait(0.001);
if((c == '+') && (intensite < 0.1)) {
intensite += 0.001;
Led.write(intensite);
}
if((c == '-') && (intensite > 0.0)) {
intensite -= 0.001;
Led.write(intensite);
}
pc.printf("%c %1.3f \n \r",c, intensite);
}
}
```

6.4 Contrôle d'un servo moteur

Le chronogramme ci-dessous nous explique comment contrôler la position d'un servo-moteur avec une PWM



Le servo moteur _____ que peut en fournir un USB standard. Il faudra l'alimenter avec _____ De plus il faut un _____ et une _____ pour augmenter le niveau de commande à 3,3V.



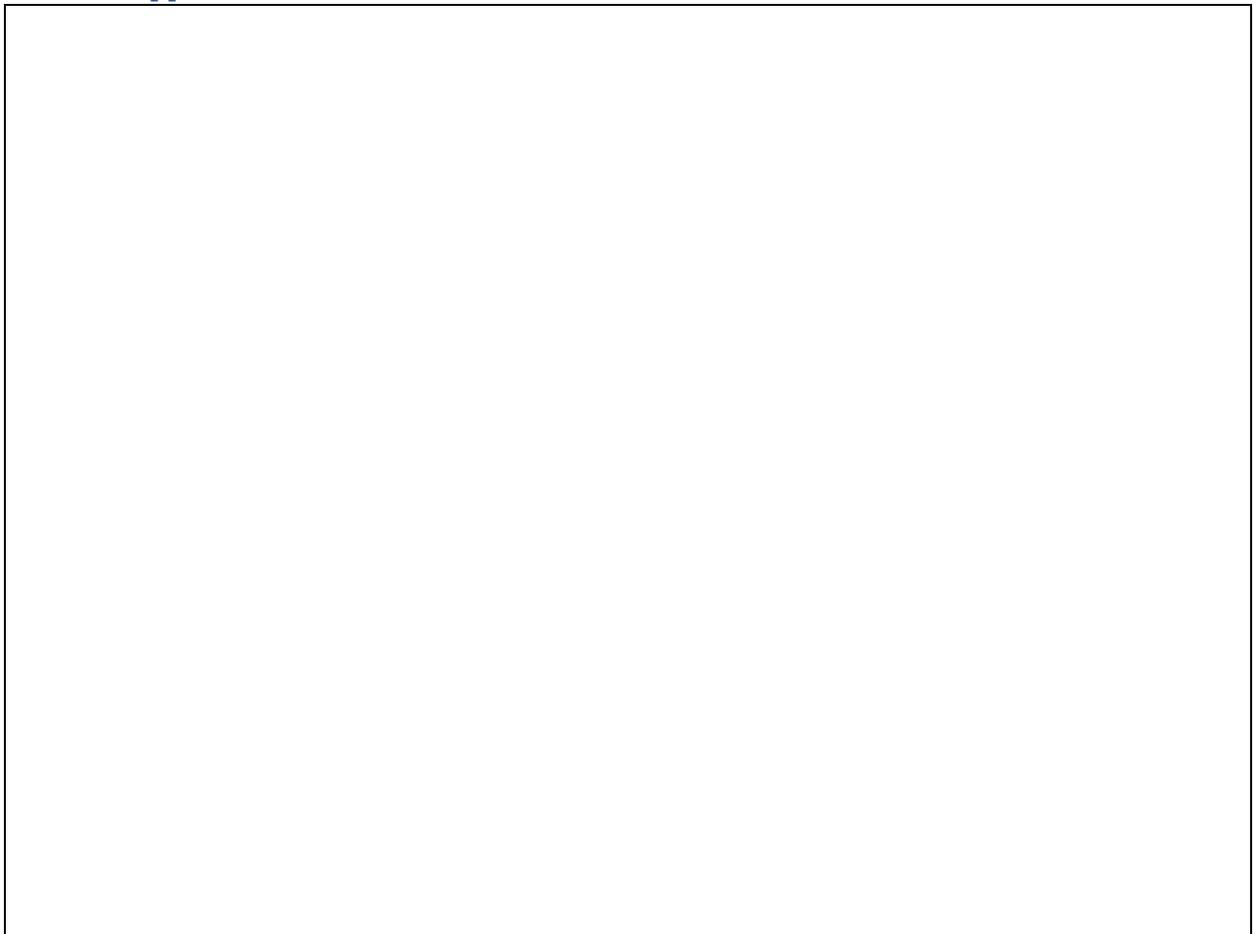
Exercice 1 :

Réaliser et tester un programme permettant de régler la position du servo moteur avec deux touches du clavier.



Exercice 2 :

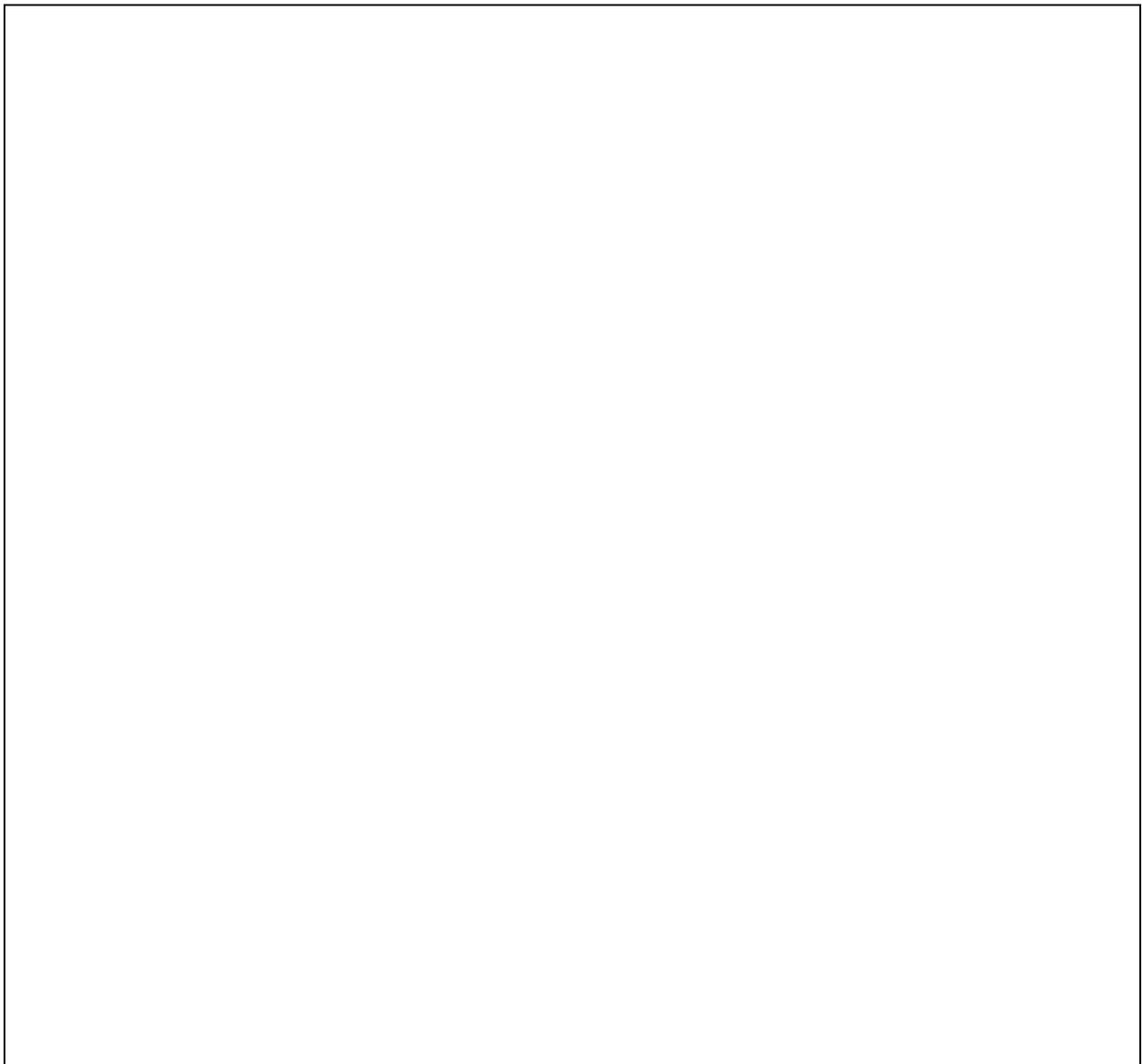
Modifier le programme précédent en ajoutant le positionnement à 0° ou 180° avec deux touches supplémentaires. Vous devez créer des fonctions et créer une bibliothèque de fonctions (.h et .cpp).





Exercice 3 :

Réaliser et tester un programme permettant de régler la position du servo moteur avec un potentiomètre. Faites une mise à l'échelle pour qu'un tour de potentiomètre réalise la variation de 0 à 180° sur le servo.



6.5 Machine à état

Une machine à état permet de _____

Exemple de système séquentiel simple :

1. Le robot doit démarrer lorsqu'on enlève le jack.
2. Le robot doit s'arrêter lorsqu'on actionne le contact de fin de course.
3. Le robot doit rester arrêté lorsqu'on replace le jack.

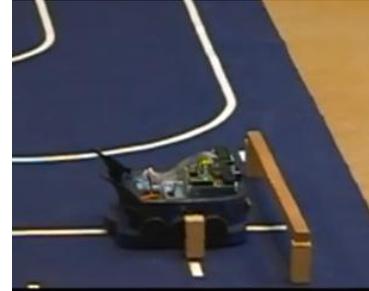
On peut alors reprendre le fonctionnement à la première étape.



Initialisation - Arrêt



Jack-retiré - Déplacement



Obstacle percité - Arrêt

Le nombre d'états dans lesquels le robot peut se trouver est fini (ici 3 états) :

- Attente de départ : le robot est à l'arrêt, la fiche jack est en place
- En marche : le robot avance
- Arrêt sur obstacle : le robot a heurté un obstacle et s'est arrêté

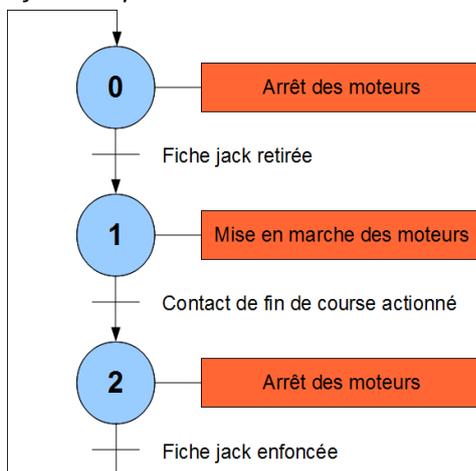
On parle de machine _____ ou d_____.

Les sorties du système ne dépendent que de _____.

- Si on connaît l'état du robot, on sait comment agir sur les sorties : les moteurs peuvent fonctionner ou non.

Pour passer d'un état à l'autre, c'est-à-dire les _____, on observe les entrées du système.

Remarque : Cette machine à états finis particulière est une machine de Moore très utilisée en informatique industrielle.



ETATS :

- Un rond représente _____.
- Chaque état est numéroté de manière unique.
- A un instant donné, le système se trouve dans un et un seul état.

TRANSITIONS :

- Une flèche représente _____.
- A chaque flèche est associée une condition.
- Si on se trouve dans un état et qu'une transition est vraie, alors _____

Remarques :

- Les transitions qui partent d'un même état doivent être exclusives.
- Si aucune transition ne peut être réalisée, _____

Exercice 4 :

Dessiner une machine à état modélisant une machine à café à capsule (touche café court et touche café long, montée en température, arrêt automatique...)

6.6 Codage des machines à état en langage C

On définit une variable `etat` pour coder l'état du système

On initialise `etat` à la valeur de l'état initial du système (ici `etat=0;`)

A l'intérieur de la boucle infinie du programme :

1. On effectue _____
2. On exécute une instruction `switch` pour _____
3. On exécute une instruction `switch` pour _____

```
#include "mbed.h"
DigitalIn broche5(p5),broche6(p6); //Jack et Fin de Course
DigitalOut moteur(LED1); //commande du moteur
broche5.mode(PullUp);
broche6.mode(PullUp);
int main(){
```

```
int etat = 0;
while(1){
//1. LECTURE DES ENTREES
  jack = broche5.read();
  fin_de_course = broche6.read();
//2. GESTION DE L'ETAT
  switch(etat){
    case 0 : if(jack==0) etat=1; break;
    case 1 : if(fin_de_course==0) etat=2; break;
    case 2 : if(jack==1) etat=0; break;
  }
//3. GESTION DES SORTIES EN FONCTION DE L'ETAT
  switch(etat){
    case 0 : moteur.write(0); break;
    case 1 : moteur.write(1); break;
    case 2 : moteur.write(0); break;
  }
}
}
```

Exercice 5 :

Réaliser un passage à niveau avec des feux (LEDs) et une barrière automatique (servo moteur), un bouton et deux capteurs de présence (photorésistances) en utilisant une machine à état.

Questions de cours :

Q1) Que signifie PWM ?

Q2) Expliquer ce qu'est le rapport cyclique

Q3) Quel est la formule donnant la valeur moyenne d'une PWM en fonction du rapport cyclique α ?

Q4) Que faut-il faire pour obtenir une tension analogique proportionnelle au rapport cyclique d'une PWM ?

Q5) Ecrire les lignes de code permettant de fixer la période d'une sortie PWM dont la fréquence est de 100kHz et la durée du temps haut à 3 μ s.

Q6) Donner les lignes de code permettant positionner le servo moteur à 135°.

Q7) Dans "automate fini", que signifie le mot "fini" ?

Q8) Que signifie "*Les transitions qui partent d'un même état doivent être exclusives*" ?

Q9) Quelles sont les 3 parties du codage en C d'une machine à état ?