

Commande d'un fauteuil roulant par contraction d'un muscle



Sommaire

1.Présentation de la maquette

2.Traitement des signaux physiologiques

- Amplificateur

- Mise en forme

3.Commande du robot

- commande

- asservissement en vitesse des moteurs à courant continu

4.Conclusion

Présentation de la maquette

1. Présentation de la maquette

2. Traitement des signaux physiologiques

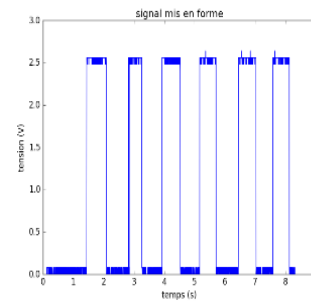
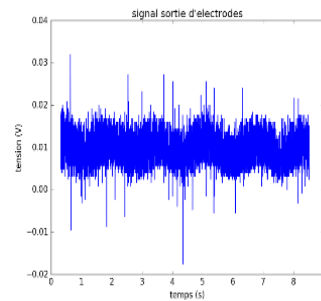
- Amplificateur
- Mise en forme

3. Commande du robot

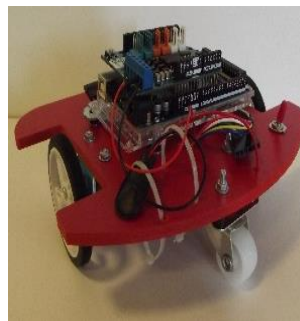
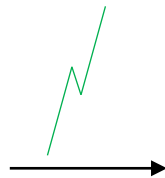
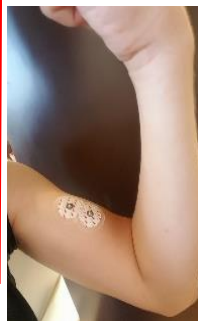
- Commande
- asservissement en vitesse des moteurs CC

4. Conclusion

Objectifs: - Adapter à une carte Arduino les signaux physiologiques captés par des électrodes
roulant - Asservir en vitesse des moteurs de manière à manœuvrer un robot modélisant un fauteuil



```
void CompterImpulsions() {  
  etatcapteur=digitalRead(capteur);  
  if(etatcapteur == HIGH){  
    compteur=0;  
    chrono=millis();  
    chrono=millis();  
    while(chrono-chrono<3000){  
      etatcapteur=digitalRead(capteur);  
      delay(10);  
      if((etatcapteur != memoire) && (etatcapteur == HIGH)){  
        compteur++;  
      }  
      memoire=etatcapteur;  
      delay(10);  
      chrono=millis();  
    }  
  }  
}
```



Traitement des signaux physiologiques

Amplificateur

1.Présentation de la maquette

2.Traitement des signaux physiologiques

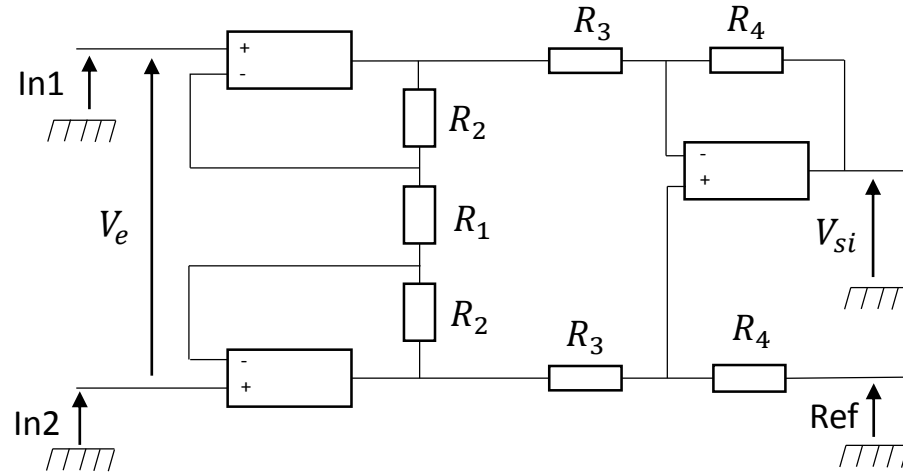
- Amplificateur
- Mise en forme

3.Commande du robot

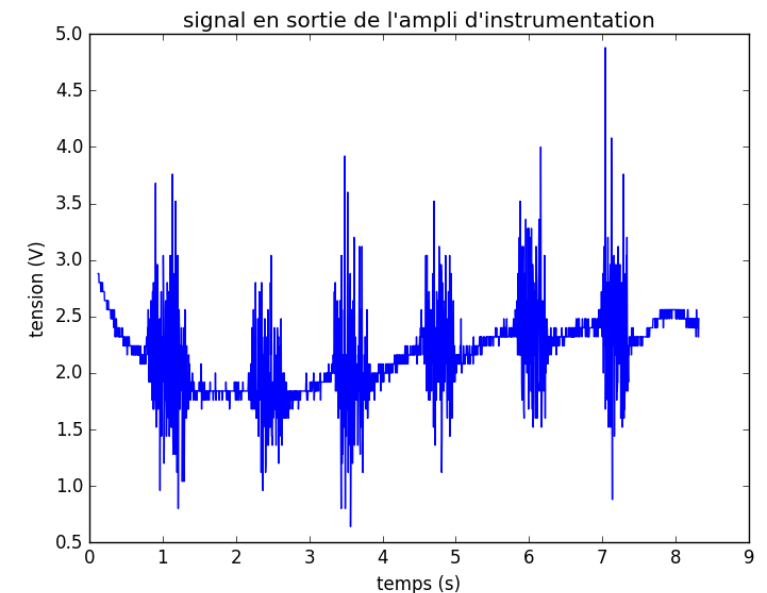
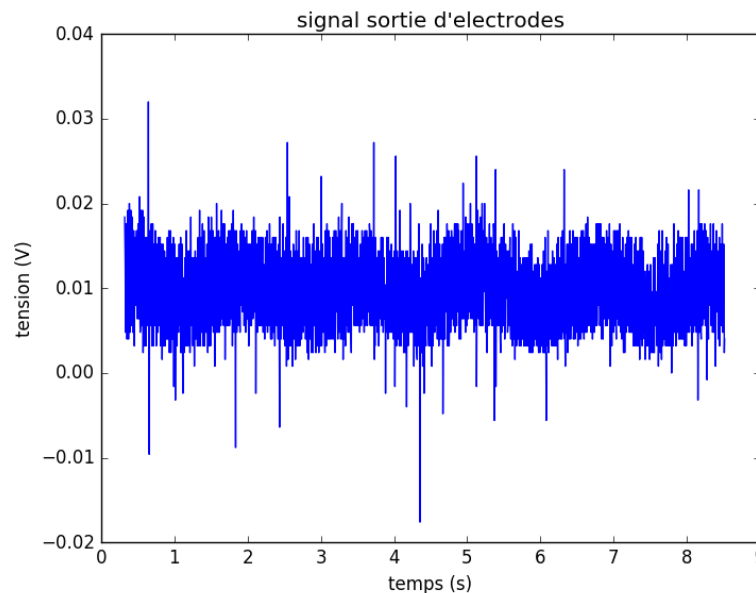
- Commande
- asservissement en vitesse des moteurs CC

4.Conclusion

Amplificateur d'instrumentation



$$V_{si} = \frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{2R_2}{R_1} \right) V_e = G_1 V_e$$



Traitement des signaux physiologiques

Amplificateur

1.Présentation de la maquette

2.Traitement des signaux physiologiques

-Amplificateur

-Mise en forme

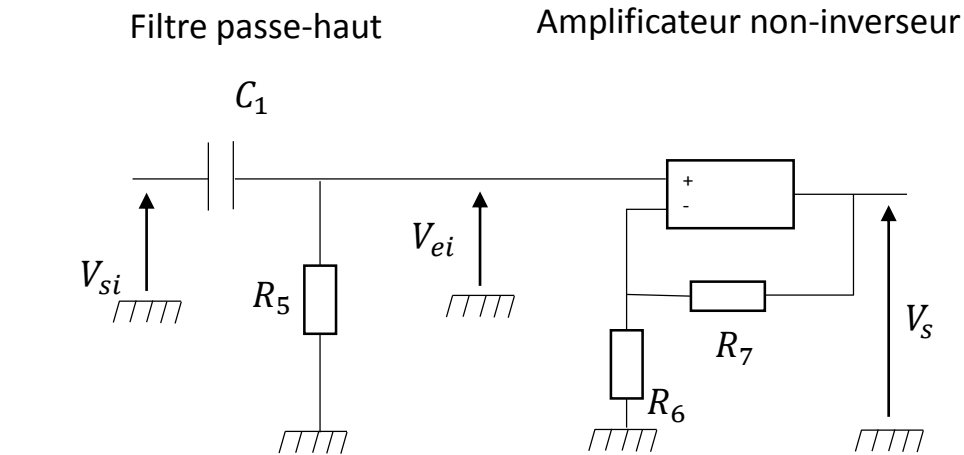
3.Commande du robot

-Commande

-asservissement en

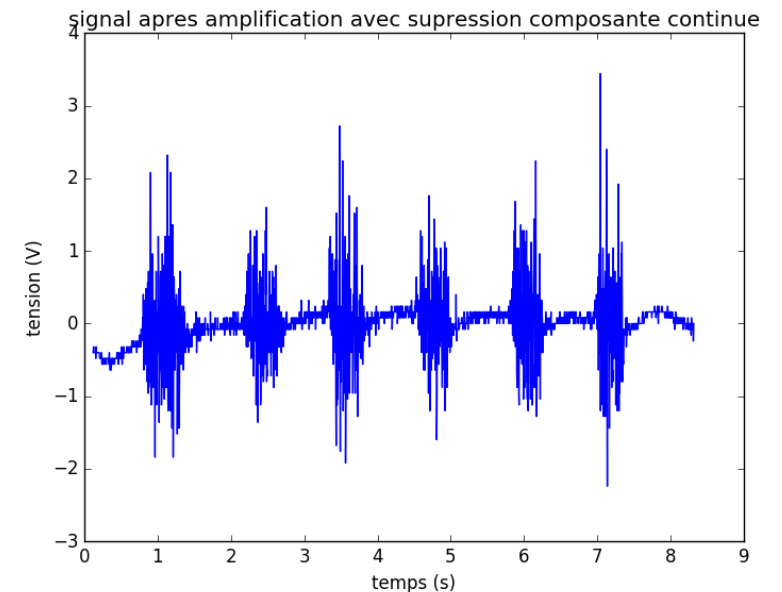
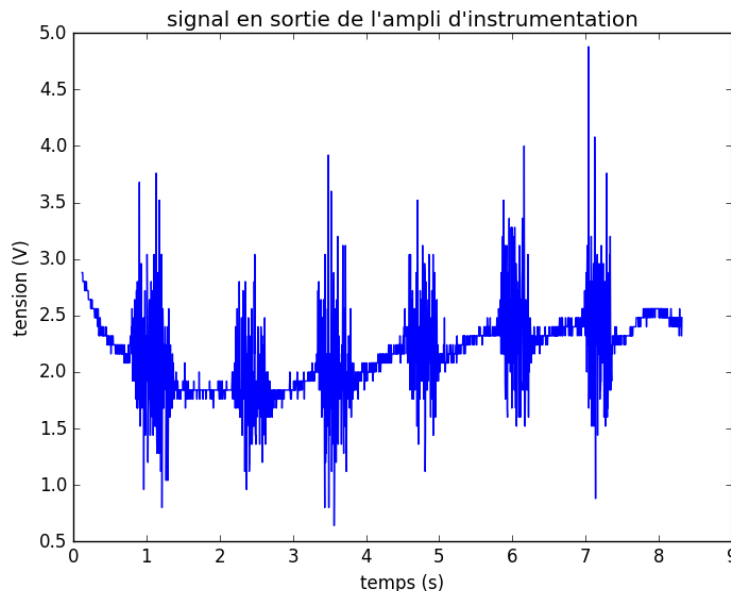
vitesse des moteurs CC

4.Conclusion



$$V_s = \left(1 + \frac{R_7}{R_6}\right) V_{ei} = G_2 \times V_{ei}$$

Fréquence de coupure du filtre: $f_c = \frac{1}{2\pi R_5 C_1}$



Traitement des signaux physiologiques

Amplificateur

1.Présentation de la maquette

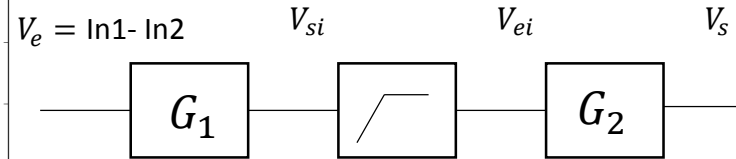
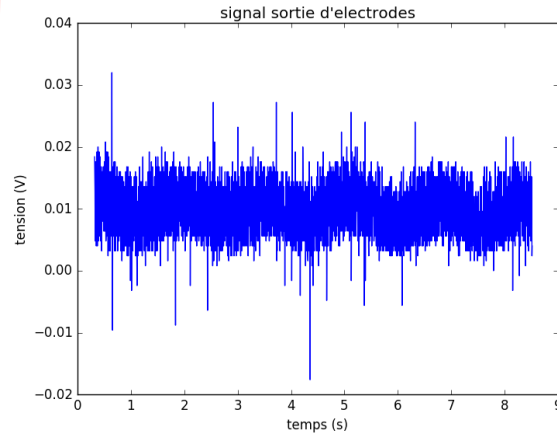
2.Traitement des signaux physiologiques

- Amplificateur
- Mise en forme

3.Commande du robot

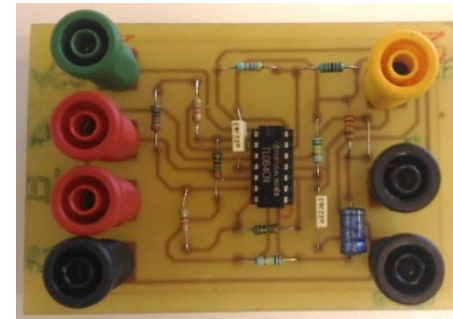
- Commande
- asservissement en vitesse des moteurs CC

4.Conclusion

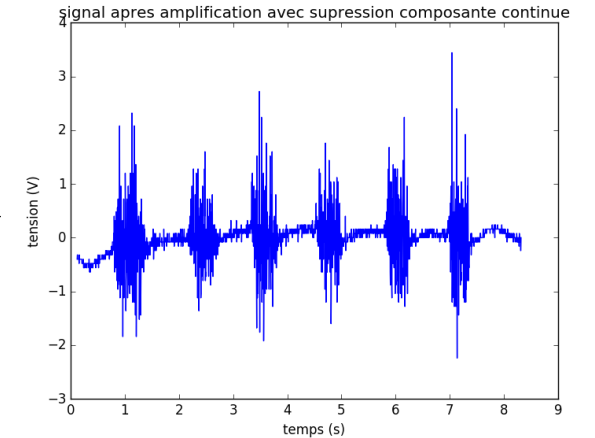


In1

In2



V_s



Amplification totale: $G_1 G_2 = 5000$

Traitement des signaux physiologiques

Mise en forme

1.Présentation de la maquette

2.Traitement des signaux physiologiques

- Amplificateur
- Mise en forme

3.Commande du robot

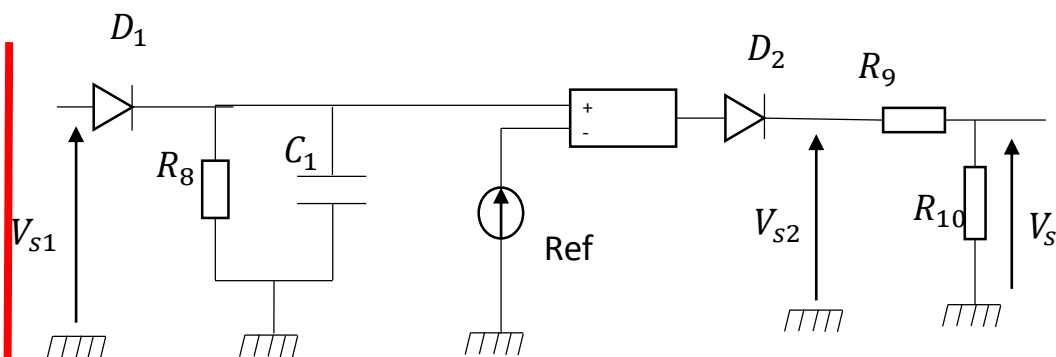
- Commande
- asservissement en vitesse des moteurs CC

4.Conclusion

Détecteur de crête

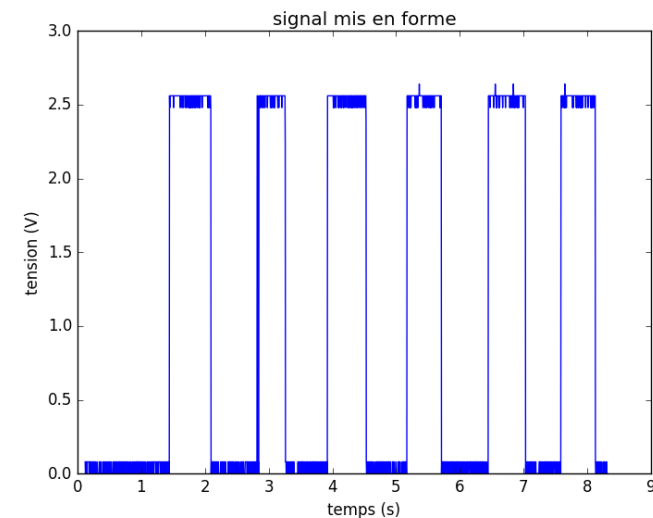
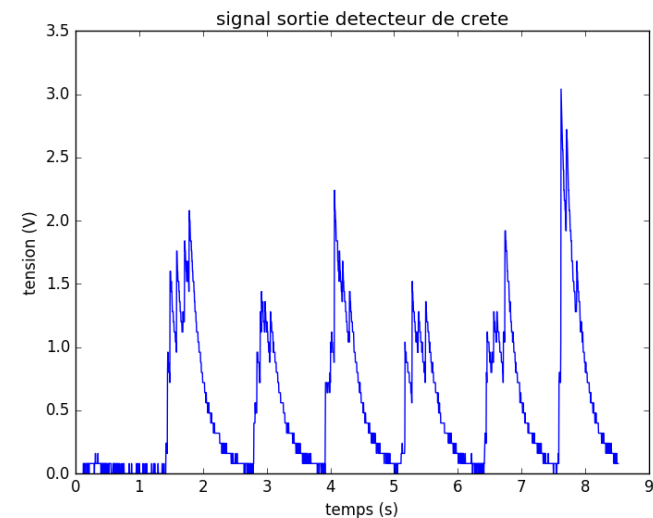
Comparateur avec référence

Diviseur de tension



$$\begin{cases} V_{s2} = +V_{sat} & \text{si } V_{s1} > \text{Ref} \\ V_{s2} = -V_{sat} & \text{si } V_{s1} < \text{Ref} \end{cases}$$

$$V_s = \frac{R_{10}}{R_9 + R_{10}} V_{s2} = \frac{1}{3} V_{s2}$$



Commande du robot

1.Présentation de la maquette

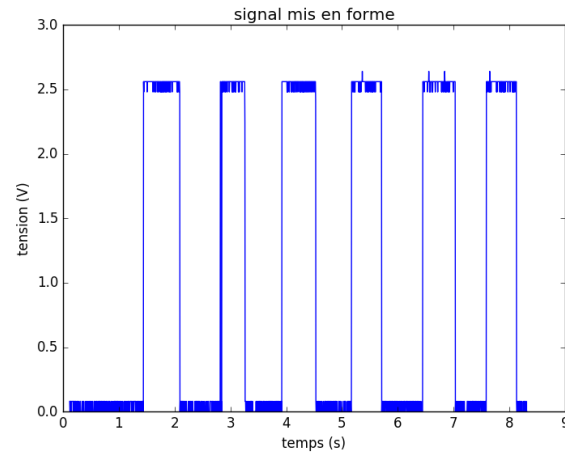
2.Traitement des signaux physiologiques

- Amplificateur
- Mise en forme

3.Commande du robot

- Commande**
- asservissement en vitesse des moteurs CC

4.Conclusion



$\left\{ \begin{array}{l} \text{compteur} = 1 \rightarrow \text{avancer} \\ \text{compteur} = 2 \rightarrow \text{tourner à gauche} \\ \text{compteur} = 3 \rightarrow \text{tourner à droite} \\ \text{compteur} = 4 \rightarrow \text{s'arrêter} \end{array} \right.$

```
void CompterImpulsions() {  
    etatcapteur=digitalRead(capteur);  
    if(etatcapteur == HIGH){  
        compteur=0;  
        chrono1=millis();  
        chrono=millis();  
        while(chrono-chrono1<3000){  
            etatcapteur=digitalRead(capteur);  
            delay(10);  
            if((etatcapteur != memoire) && (etatcapteur == HIGH)){  
                compteur++;  
            }  
            memoire=etatcapteur;  
            delay(10);  
            chrono=millis();  
        }  
    }  
}
```


Commande du robot

Asservissement en vitesse des moteurs à courant continu

1.Présentation de la maquette

2.Traitement des signaux
physiologiques

- Amplificateur
- Mise en forme

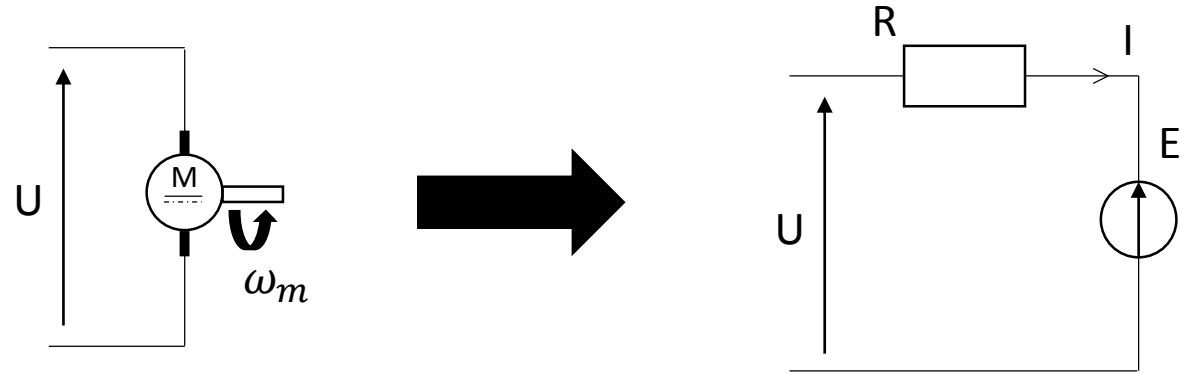
3.Commande du robot

- Commande
- asservissement en
vitesse des moteurs CC

4.Conclusion



9.68:1, 25D × 48L, LP 6V

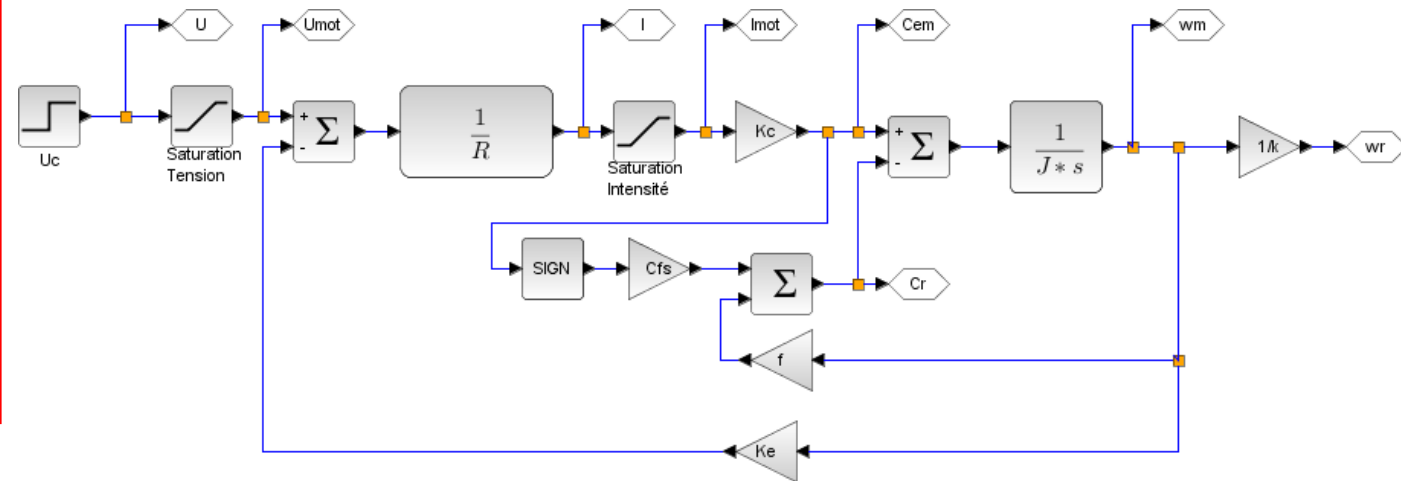


$$J \frac{d\omega_m}{dt} = C_{em} - f\omega_m - C_r$$

$$U = E - RI$$

$$C_{em} = K_c \times I$$

$$E = K_e \times \omega_m$$



Commande du robot

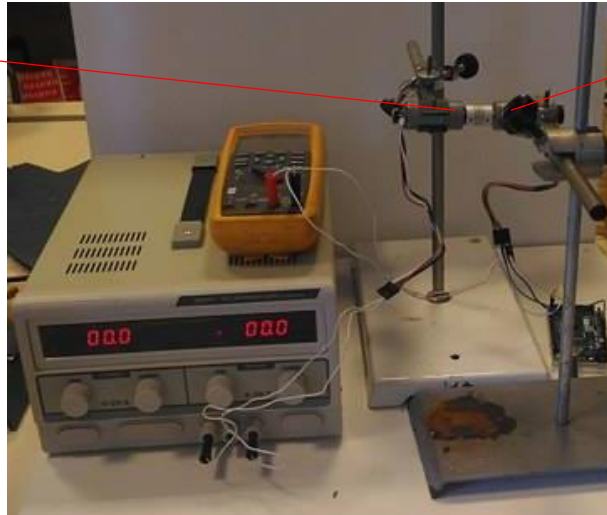
Asservissement en vitesse des moteurs à courant continu

Détermination expérimentale de la constante électromotrice K_e

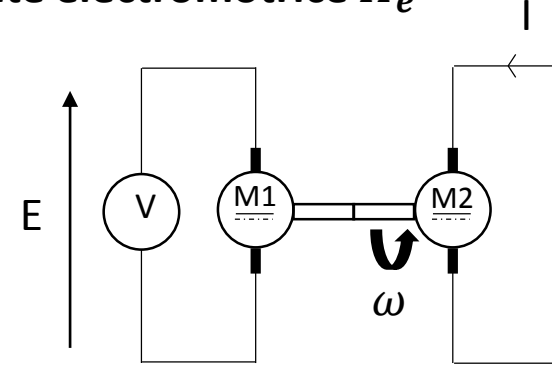
1. Présentation de la maquette
2. Traitement des signaux physiologiques
 - Amplificateur
 - Mise en forme
3. Commande du robot
 - Commande
 - asservissement en vitesse des moteurs CC
4. Conclusion

Essai à vide

M2



M1



$$\omega = 32,46 \text{ rad/s}$$
$$E = 0,3051 \text{ V}$$



$$K_e = \frac{E}{\omega} = 0,0094 \text{ V.s}$$

Commande du robot

Asservissement en vitesse des moteurs à courant continu

Détermination expérimentale de R

1.Présentation de la maquette

2.Traitement des signaux
physiologiques

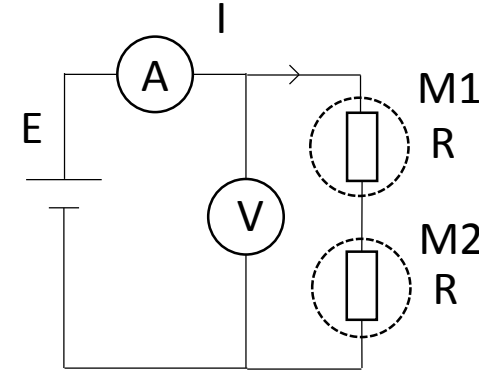
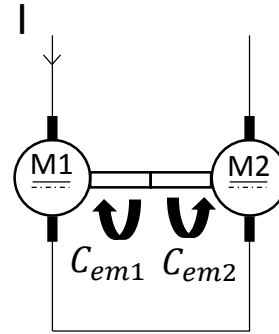
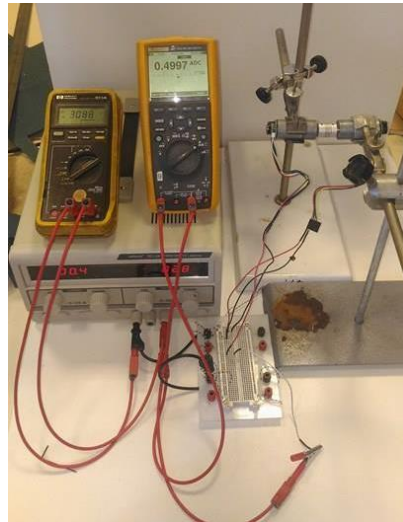
- Amplificateur
- Mise en forme

3.Commande du robot

- Commande
- asservissement en
vitesse des moteurs CC

4.Conclusion

Essai à rotor bloqué



$$R = \frac{E}{2I} = 3,1 \, \Omega$$

Commande du robot

Asservissement en vitesse des moteurs à courant continu

1.Présentation de la maquette

2.Traitement des signaux
physiologiques

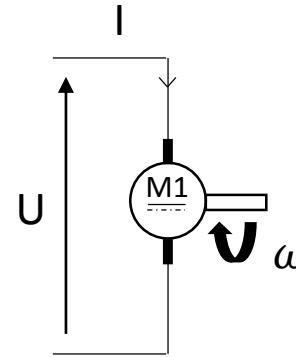
- Amplificateur
- Mise en forme

3.Commande du robot

- Commande
- asservissement en
vitesse des moteurs CC

4.Conclusion

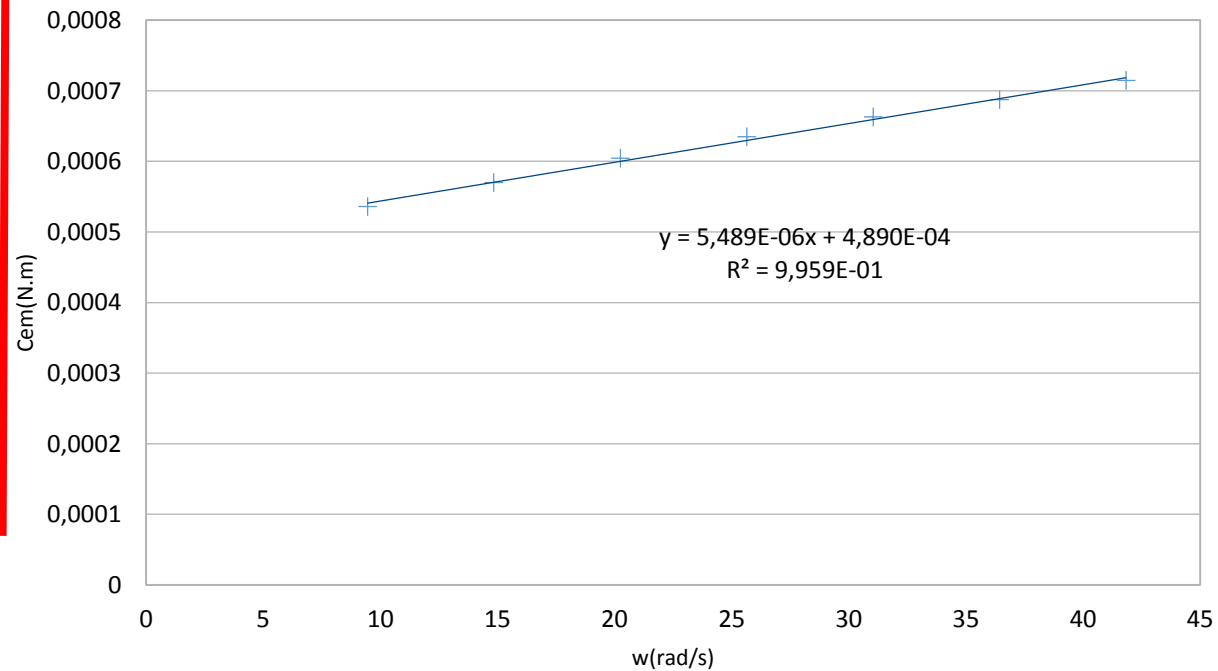
Détermination expérimentale de f



En régime permanent:

$$C_{em} = K_c I = f \omega + C_r$$

$C_{em} = f(\omega)$



$$f = 5,489.10^{-6} \text{ N.m.s/rad}$$
$$C_r = 4,890.10^{-4} \text{ N.m}$$

Commande du robot

Asservissement en vitesse des moteurs à courant continu

1.Présentation de la maquette

2.Traitement des signaux
physiologiques

- Amplificateur
- Mise en forme

3.Commande du robot

- Commande

-asservissement en
vitesse des moteurs CC

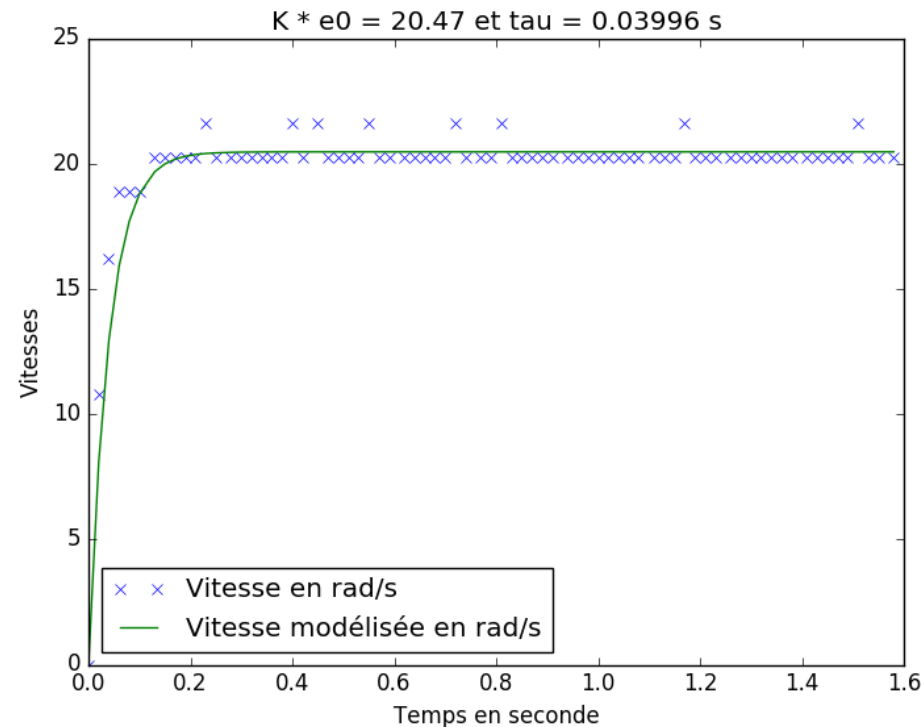
4.Conclusion

Détermination expérimentale de J

$$\omega_r(p) = \frac{\frac{K_c}{k(Rf + K_c K_e)}}{1 + \frac{RJ}{Rf + K_c K_e} p} U(p) - \frac{\frac{R}{k(Rf + K_c K_e)}}{1 + \frac{RJ}{Rf + K_c K_e} p} C_r(p)$$



$$T = \frac{RJ}{Rf + K_c K_e}$$

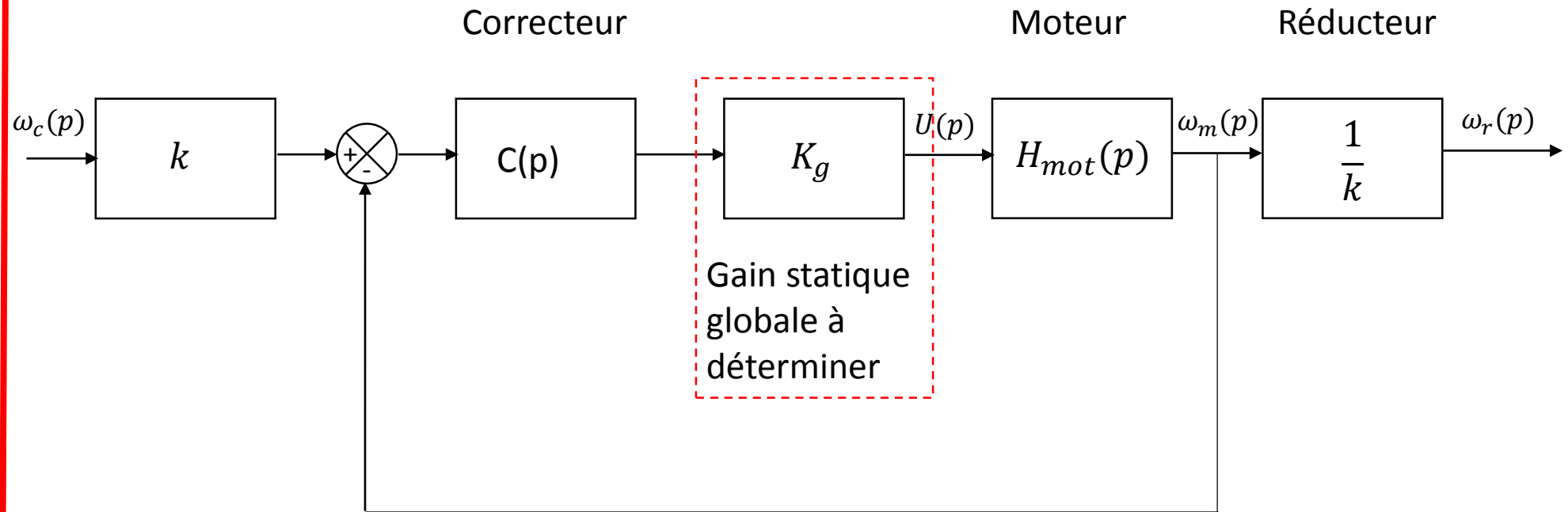


$$J = \frac{(Rf + K_c K_e)T}{R} = 1,355.10^{-6} \text{ kg.m}^2$$

Commande du robot

Asservissement en vitesse des moteurs à courant continu

Modèle de l'asservissement en vitesse



1.Présentation de la maquette

2.Traitement des signaux
physiologiques

- Amplificateur
- Mise en forme

3.Commande du robot

- Commande
- asservissement en
vitesse des moteurs CC

4.Conclusion

Commande du robot

Asservissement en vitesse des moteurs à courant continu

1. Présentation de la maquette

2. Traitement des signaux
physiologiques

- Amplificateur
- Mise en forme

3. Commande du robot

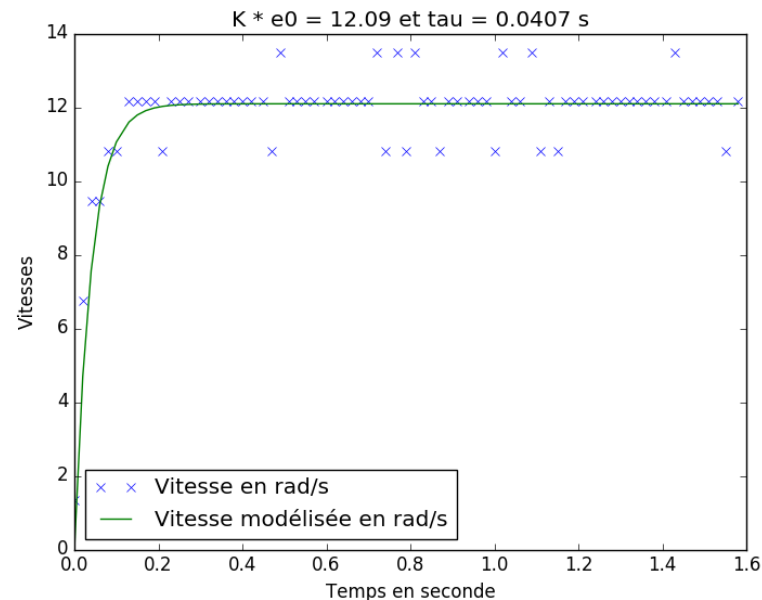
- Commande
- asservissement en
vitesse des moteurs CC

4. Conclusion

Détermination expérimentale de K_g

Correcteur proportionnel: $\begin{cases} \text{Consigne} = 20 \text{ rad/s} \\ K_p = 0,1 \end{cases}$

$$\omega_r(p) = \frac{\frac{K_p K_g K_c}{Rf + K_e K_c + K_p K_g K_c}}{1 + \frac{RJ}{Rf + K_e K_c + K_p K_g K_c} p} \omega_c(p) - \frac{\frac{R}{k(Rf + K_e K_c + K_p K_g K_c)}}{1 + \frac{RJ}{Rf + K_e K_c + K_p K_g K_c} p} C_r(p)$$



En régime permanent pour une entrée en saut échelon:

$$K_g = \frac{\omega_{r\infty}(Rf + K_c K_e) + R C_r}{k K_p K_c (\omega_c - \omega_{r\infty})} = 0,03883$$

Commande du robot

Asservissement en vitesse des moteurs à courant continu

Correcteur Proportionnel-Intégral

1.Présentation de la maquette

2.Traitement des signaux
physiologiques

- Amplificateur
- Mise en forme

3.Commande du robot

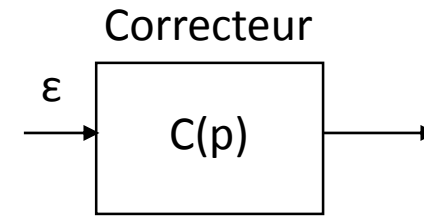
- Commande

-asservissement en
vitesse des moteurs CC

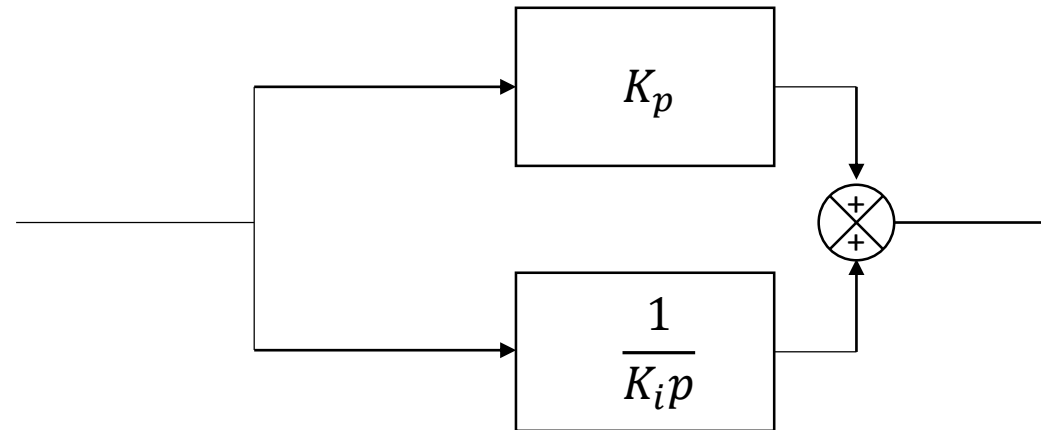
4.Conclusion

Expression usuelle:

$$C(p) = K(1 + \frac{1}{Tp})$$



Modèle schémas blocs utilisé pour la programmation sur Arduino:



$$K_p = K$$
$$K_i = \frac{T}{K}$$

Commande du robot

Asservissement en vitesse des moteurs à courant continu

Correcteur Proportionnel-Intégral

$$FTBO_{NC}(p) = \frac{\frac{K_g K_c}{Rf + K_c K_e}}{1 + \frac{RJ}{Rf + K_c K_e} p}$$

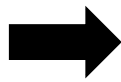
$$\omega_{0dBNC} = \frac{\sqrt{(K_g K_c)^2 - (Rf + K_e K_c)^2}}{RJ} = 83,19 \text{ rad/s}$$

$$M\varphi_{NC} = \arg(FTBO_{NC}(j\omega_{0dB})) - (-\pi) = 107^\circ$$

$$C(p) = K(1 + \frac{1}{Tp})$$

$$K=2$$

$$T=0,01$$



$$K_p = 2$$

$$K_i = 0,005$$

1.Présentation de la maquette

2.Traitement des signaux
physiologiques

- Amplificateur
- Mise en forme

3.Commande du robot

- Commande

-asservissement en
vitesse des moteurs CC

4.Conclusion

Commande du robot

Asservissement en vitesse des moteurs à courant continu

1.Présentation de la maquette

2.Traitement des signaux
physiologiques

- Amplificateur
- Mise en forme

3.Commande du robot

- Commande
- asservissement en
vitesse des moteurs CC

4.Conclusion

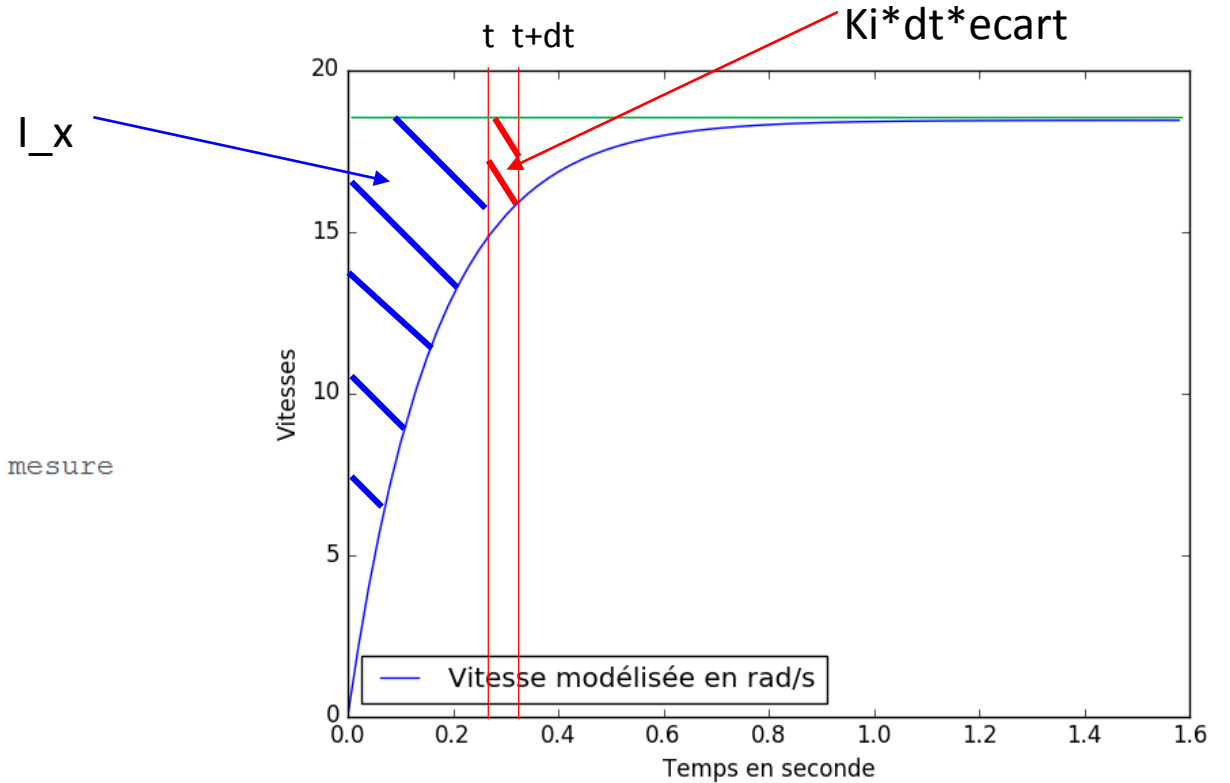
Code Arduino:

```
// Ecart entre la consigne et la mesure
ecart = vref - omega;

// Terme proportionnel
P_x = Kp * ecart;

// Calcul de la commande
commande = P_x + I_x;

// Terme intégral (sera utilisé lors du pas d'échantillonnage suivant)
I_x = I_x + Ki * dt * ecart;
```



Commande du robot

Asservissement en vitesse des moteurs à courant continu

Etude de la réponse:

1.Présentation de la maquette

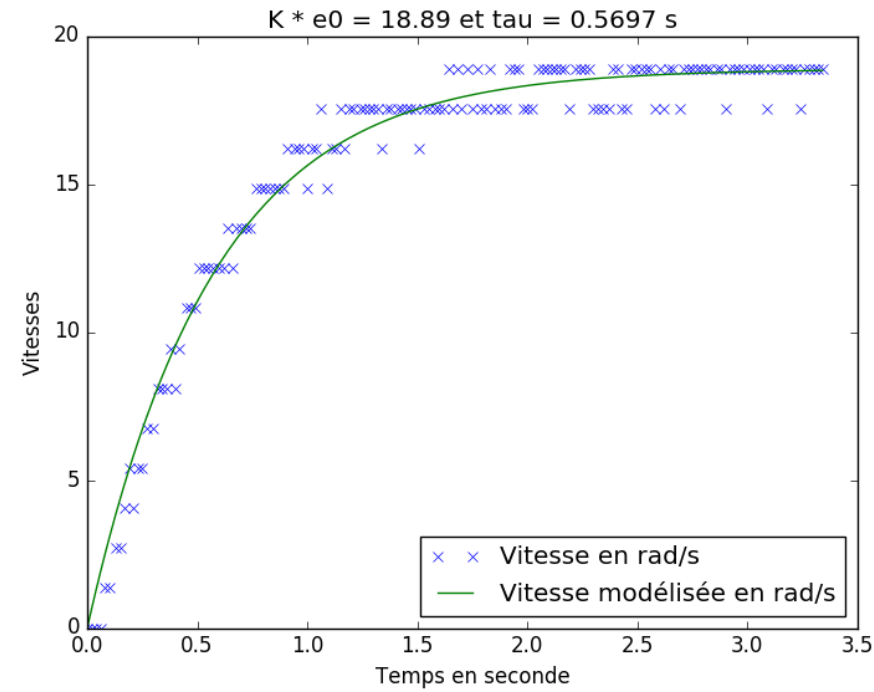
2.Traitement des signaux
physiologiques

- Amplificateur
- Mise en forme

3.Commande du robot

- Commande
- asservissement en
vitesse des moteurs CC

4.Conclusion



Conclusion

1.Présentation de la maquette

2.Traitement des signaux physiologiques

- Amplificateur
- Mise en forme

3.Commande du robot

- Commande
- asservissement en vitesse des moteurs CC

4.Conclusion

-L'amplification et la mise en forme des signaux permet une utilisation pour Arduino avec de petites contractions

-L'asservissement en vitesse des moteurs à courants continus est précis et rapide

-limites de la commande: -temps de réaction de 3 secondes
 -nécessité de contracter le bras un grand nombre de fois pour des déplacements simples

Annexe

$R_1=10\text{ k}\Omega$
 $R_2=47\text{ k}\Omega$
 $R_3=1\text{ k}\Omega$
 $R_4=100\text{ k}\Omega$
 $R_5=12\text{ k}\Omega$
 $R_6=1,2\text{ k}\Omega$
 $R_7=4,7\text{ k}\Omega$
 $C_1=47\text{ }\mu\text{F}$

