

DÉAMBULATEUR À ASSISTANCE ÉLECTRIQUE

Glen ROGER, 13449

1

PLAN

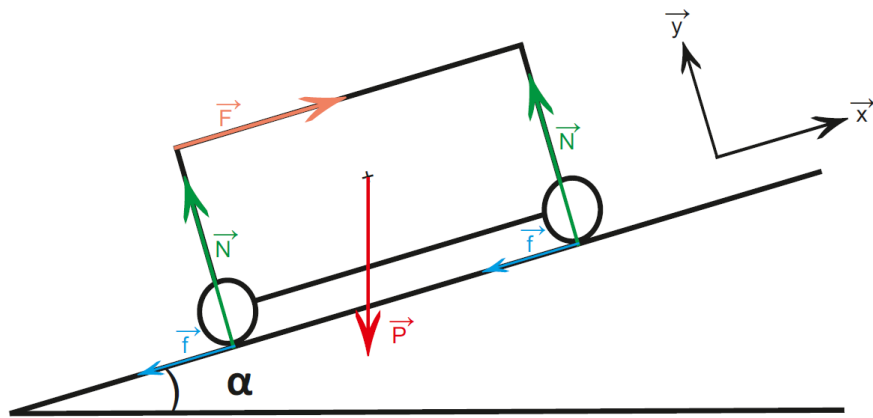
INTRODUCTION	PROBLÉMATIQUE
CAPTEUR	CAPTEUR À EFFET DOPPLER CAPTEUR HB100
AMPLIFICATEUR	CONCEPTION D'UN AMPLIFICATEUR
CONVERSION ANALOGIQUE/NUMÉRIQUE	AMPLIFICATEUR LINEAIRE INTEGRÉ
DIMENSIONNEMENT DU MOTEUR	CHOIX DU MOTEUR ET DU RÉDUCTEUR
ASSERVISSEMENT EN VITESSE DU MOTEUR	
SIMULATION	SIMULATION D'UN MOTEUR À COURANT CONTINU ASSERVISSEMENT EN VITESSE
DIMENSIONNEMENT DE LA BATTERIE	CHOIX DE LA BATTERIE
CONCLUSION	PERFECTIONNEMENT DU SYSTÈME



INTRODUCTION



Source : Déambulateur Topro Taurus



Représentation des forces sur le déambulateur

Bilan des actions mécaniques extérieures :

- \vec{P} : poids du déambulateur
- \vec{N} : réaction normale du support
- \vec{f} : force de frottement roue/sol
- \vec{F} : force exercé par l'utilisateur sur le déambulateur

PFD sur le {déambulateur} :

$$\vec{P} + \vec{F} + 4\vec{f} + 4\vec{N} = m\vec{a} \quad \text{or} \quad \vec{v} = \overrightarrow{cste} \quad \text{donc} \quad \vec{a} = \vec{0}$$

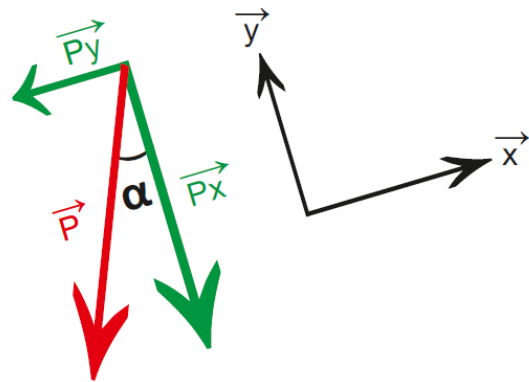
donc :

$$\vec{P} + \vec{F} + 4\vec{f} + 4\vec{N} = \vec{0}$$

Or, on sait que $\vec{P} = -P \cos(\alpha) \vec{x} - P \sin(\alpha) \vec{y}$

En projetant :

$$\begin{aligned} / \vec{x} : -P \cos(\alpha) + F - 4f &= 0 \\ / \vec{y} : -P \sin(\alpha) + 4N &= 0 \end{aligned}$$



Projection du vecteur poids

Or :

$$f = \mu N$$

avec μ : coefficient de glissement

Et :

$$N = P \sin(\alpha)$$

Donc :

$$4f = 4\mu * P * \sin(\alpha)$$

On a alors :

$$F = P \cos(\alpha) + 4\mu * P * \sin(\alpha)$$

$$F = mg * \cos(\alpha) + 4\mu * mg * \sin(\alpha)$$

Application numérique :

$$m = 30 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$\mu = 0,5$$

On a donc :

$$F = 30 * 9,81 * \cos(20) + 4 * 0,5 * 30 * 9,81 * \sin(20)$$

$$F = 477,9 \text{ N}$$

$$\text{Soit } F \approx 48,73 \text{ kg}$$

PROBLÉMATIQUE

CAPTEUR

Dispositif :

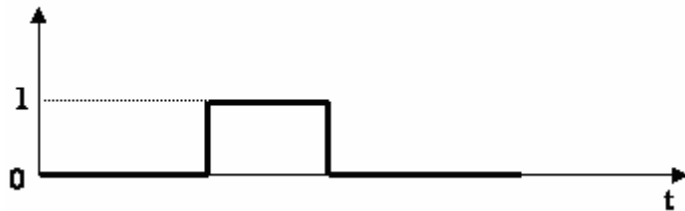
grandeur physique  tension, intensité,...

Types de capteur :

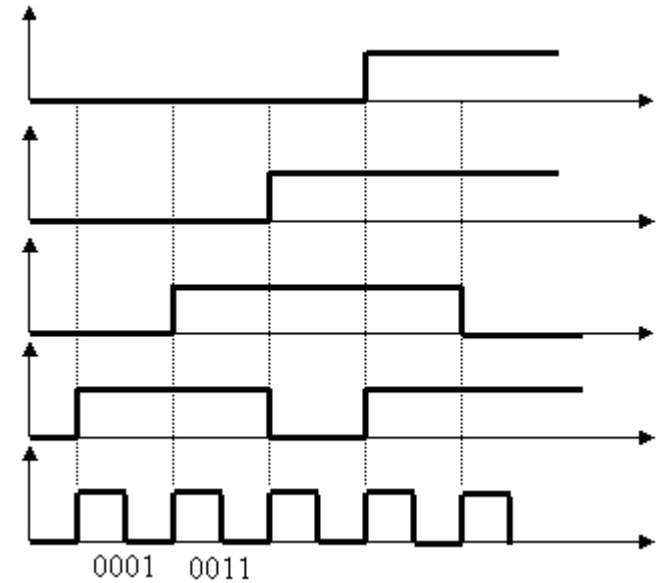
Capteurs analogiques

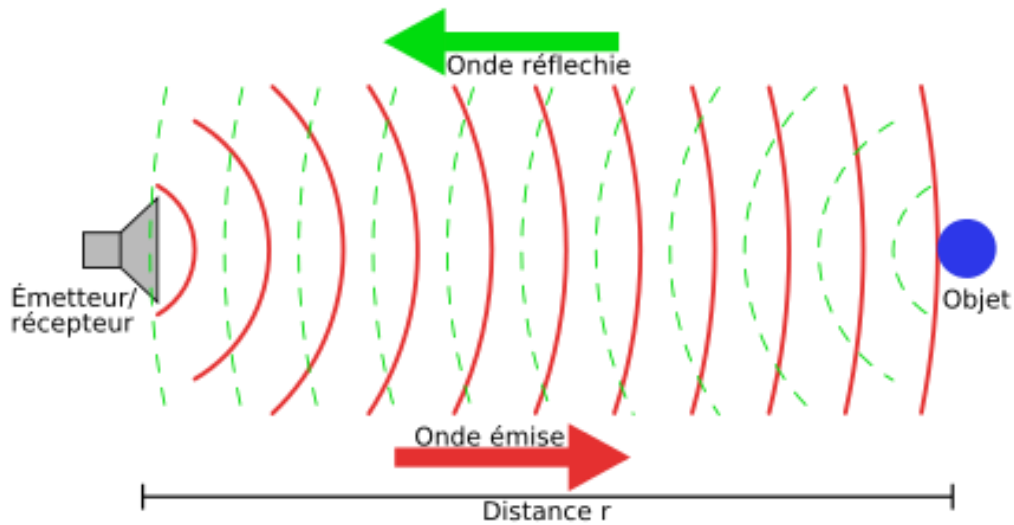


Capteurs logiques



Capteurs numériques





Source : <http://www.lyc-mansart-st-cyr.ac-versailles.fr/IMG/pdf/tpevincent.pdf>

Doppler Equation:

$$F_d = 2V \left(\frac{F_t}{c} \right) \cos \theta$$

Avec :

F_d = Fréquence Doppler

V = Vitesse de la cible

F_t = Fréquence de transmission

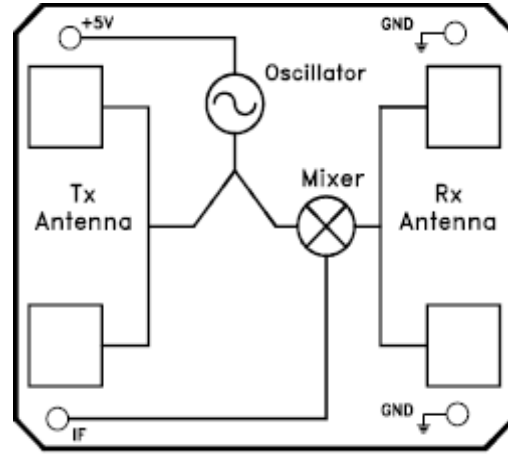
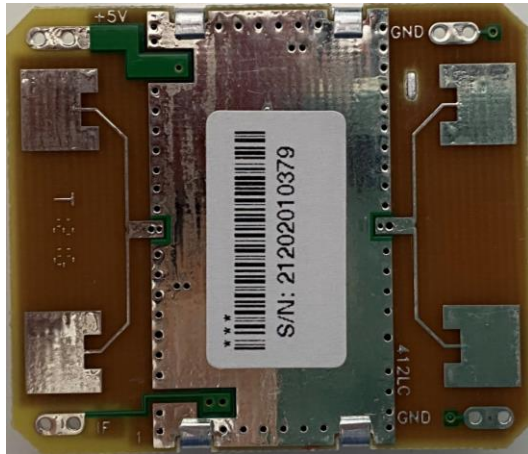
c = vitesse de la lumière

θ = Angle entre la cible et l'axe du module

Et on a d'après le datasheet :

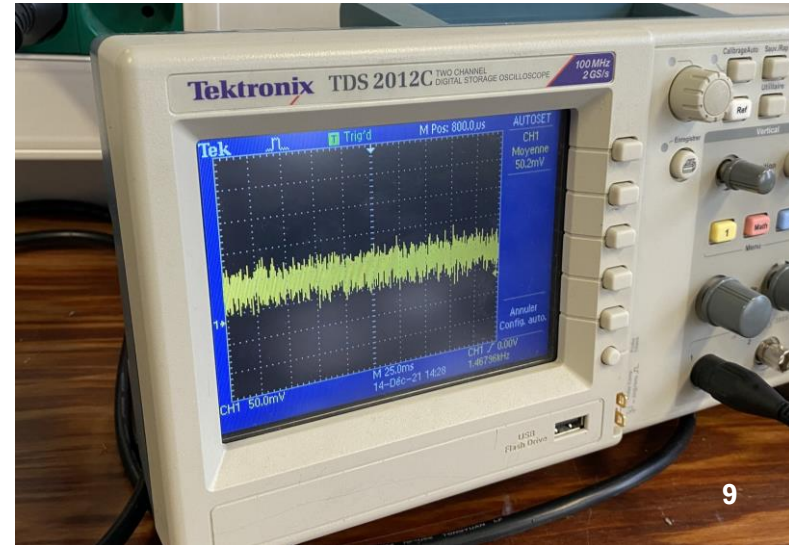
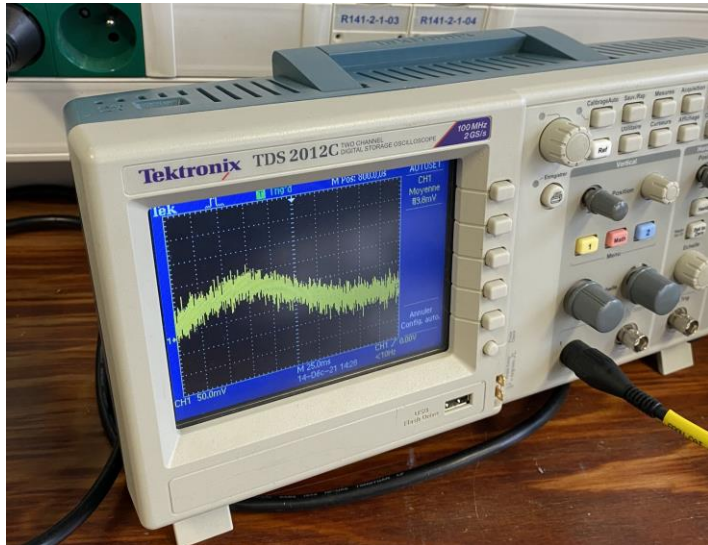
$$F_t = 10,525 \text{ GHz}$$

CAPTEUR HB100



Caractéristique :
Fréquence : 10,525 GHz
Alimentation : +5V

Courant : 40 mA
Dimensions : 40 * 46,50 * 8,70 mm
Portée de détection : 20 m



```

#define ENTREE_ANALOGIQUE 0

void setup()
{
    Serial.begin(115200) ;
}

void loop()
{
    // lecture de la valeur analogique à mesurer
    int valeurLue = analogRead(ENTREE_ANALOGIQUE) ;

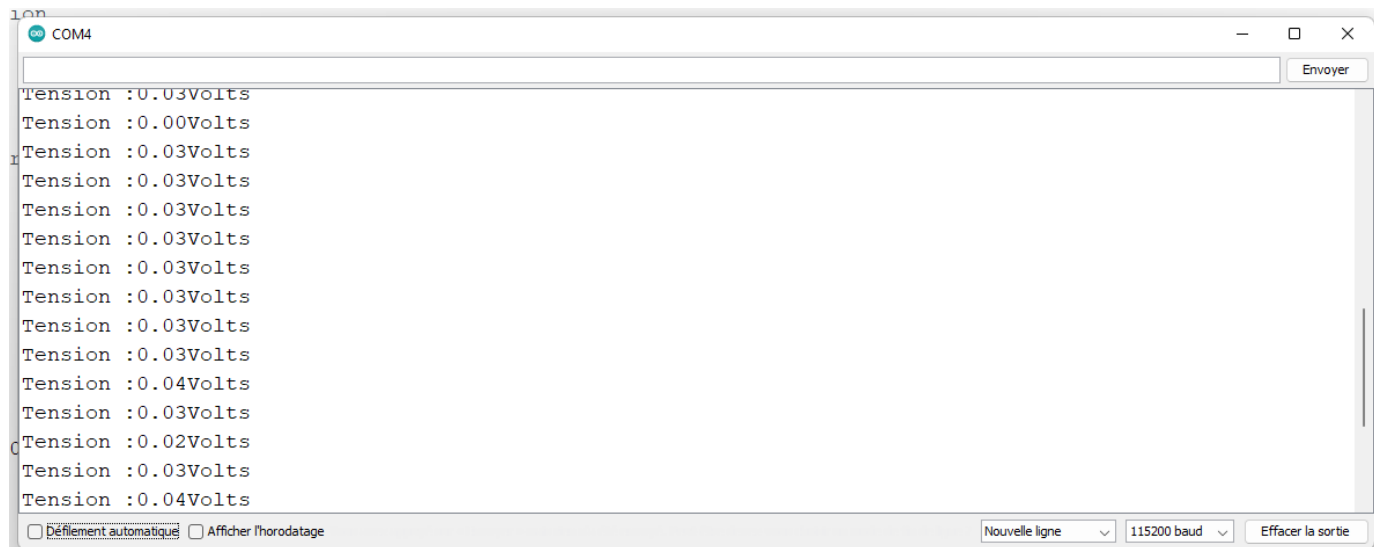
    // conversion de la valeur lue en une tension en centi-Volts
    float tensionLue = map(valeurLue, 0, 1023, 0, 500);

    // envoi pour affichage sur le moniteur série de la tension mesurée
    Serial.print("Tension :" ) ;
    Serial.println(tensionLue / 100.0) ; // Afficher la valeur en Volts
    Serial.println( "Volts") ;

    // attente d'une seconde (1000 millisecondes) entre deux mesures & affichages
    delay(100) ;
}

```

Code pour mesure de tension



The screenshot shows a serial monitor window titled 'COM4'. The main text area displays a series of voltage readings: 'Tension :0.03Volts', 'Tension :0.00Volts', 'Tension :0.03Volts', 'Tension :0.03Volts', 'Tension :0.03Volts', 'Tension :0.03Volts', 'Tension :0.03Volts', 'Tension :0.03Volts', 'Tension :0.03Volts', 'Tension :0.03Volts', 'Tension :0.04Volts', 'Tension :0.03Volts', 'Tension :0.02Volts', 'Tension :0.03Volts', and 'Tension :0.04Volts'. At the bottom, there are checkboxes for 'Défilement automatique' and 'Afficher l'horodatage', both of which are unchecked. On the right side of the bottom bar, there are dropdown menus for 'Nouvelle ligne' and '115200 baud', and a button labeled 'Effacer la sortie'.

Tension de sortie sans amplificateur

AMPLIFICATEUR

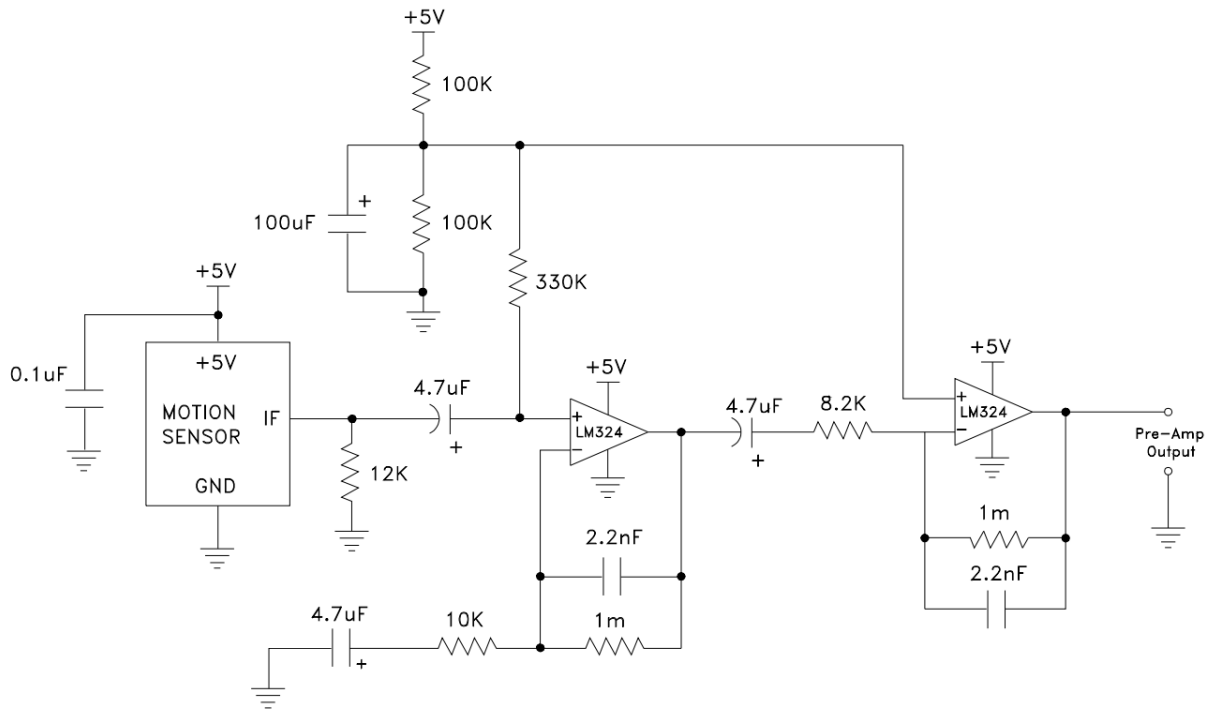
- Type :

Amplificateur basse fréquence à gain élevé

- But :

Amplifier le signal

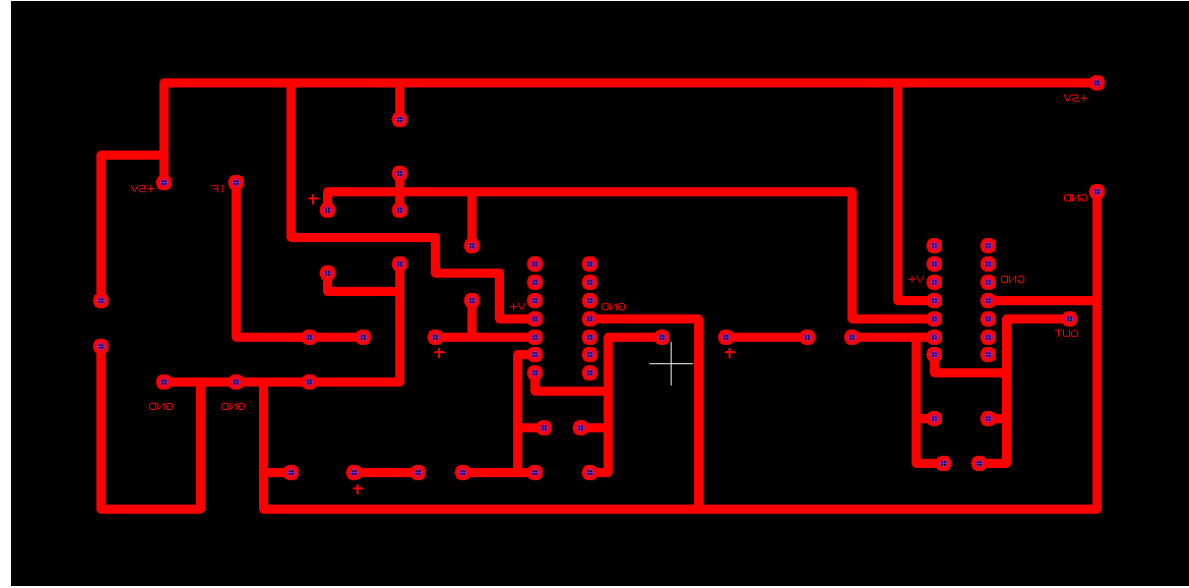
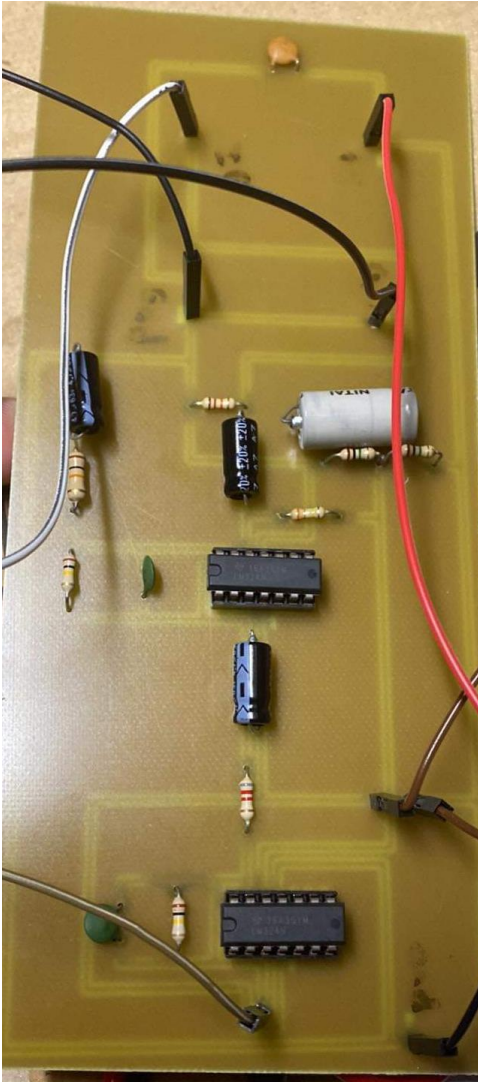
Effacer le bruit présent sur le signal



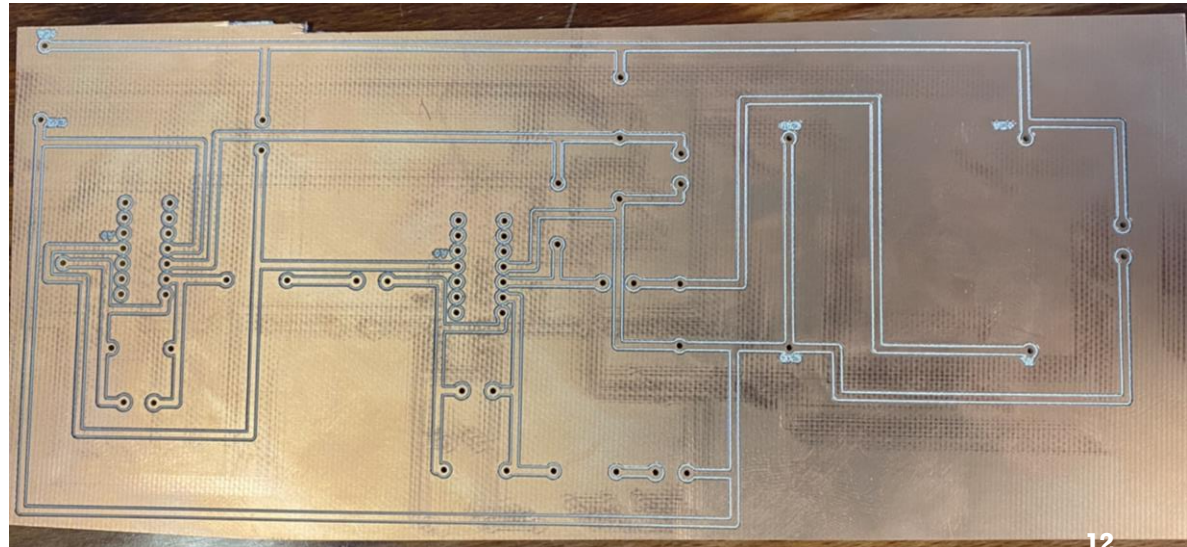
Source : HB100 datasheet

CONCEPTION DE L'AMPLIFICATEUR

Essai n°1 :



Typon créé à partir du logiciel TCI-4



Résultat

Essai n°2 : Par gravure chimique

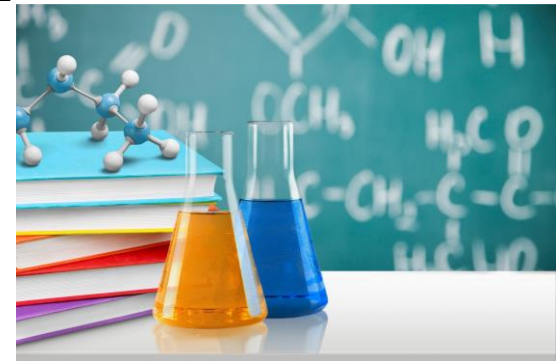
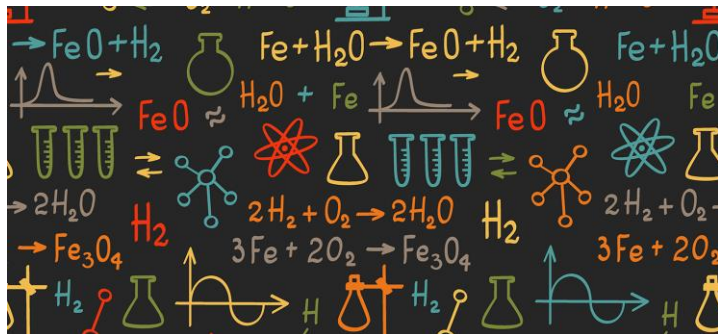
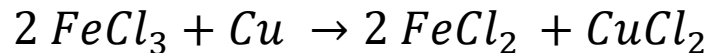
Matériels :

- Plaque de cuivre PCB
- Papier glacé
- Papier abrasif
- Alcool
- Dissolvant
- Perchlorure de fer
- Acétone

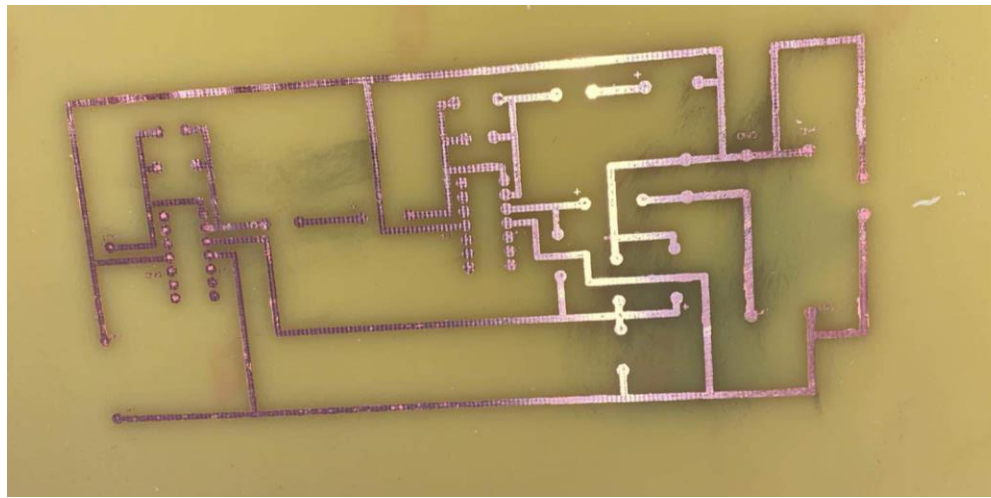
Protocole :

- Imprimer le typon sur le papier glacé
- Gratter la plaque de cuivre
- Nettoyer la plaque avec de l'alcool
- Effectuer le transfert avec le dissolvant
- Laisser sécher le dissolvant
- Plonger la plaque dans du perchlorure de fer
- Agiter pour accélérer la réaction
- Enlever l'encre avec de l'acétone

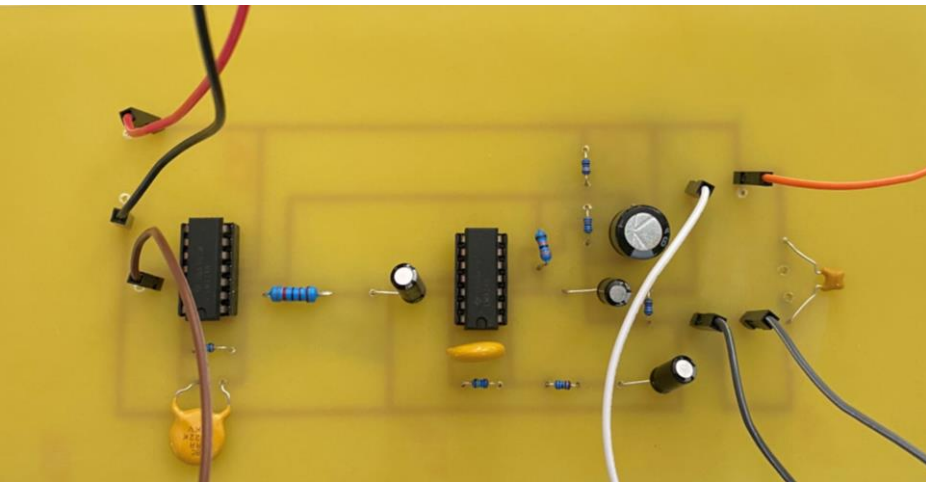
Un peu de chimie !



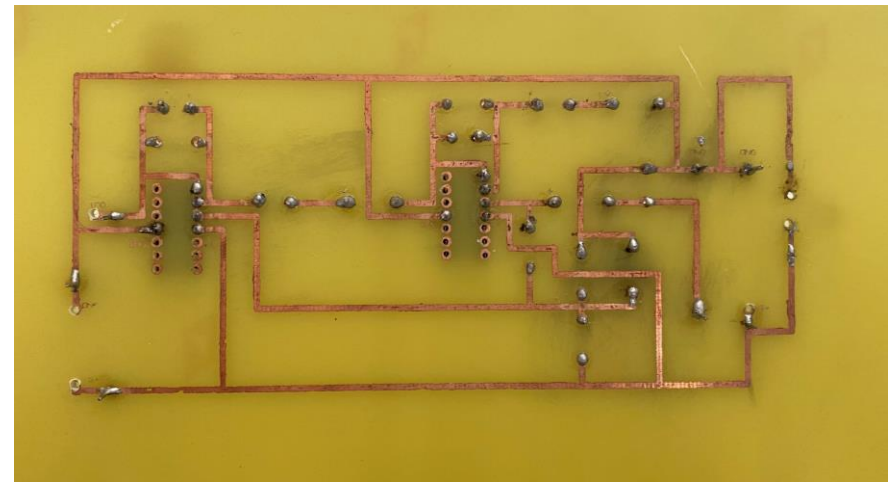
Résultats :



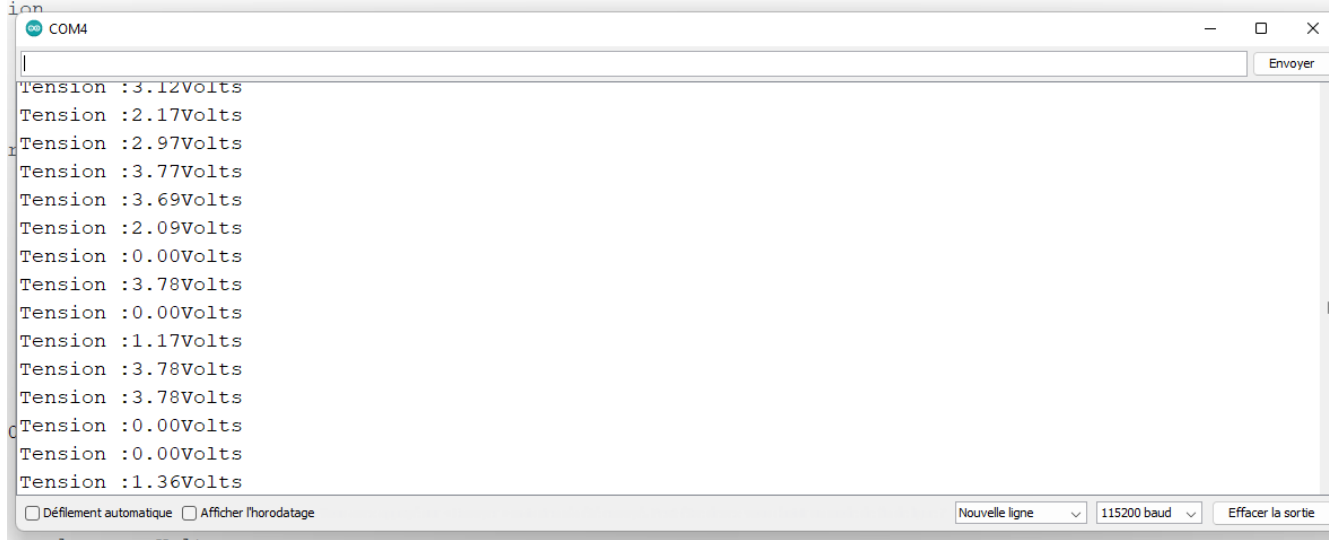
Résultat du procédé



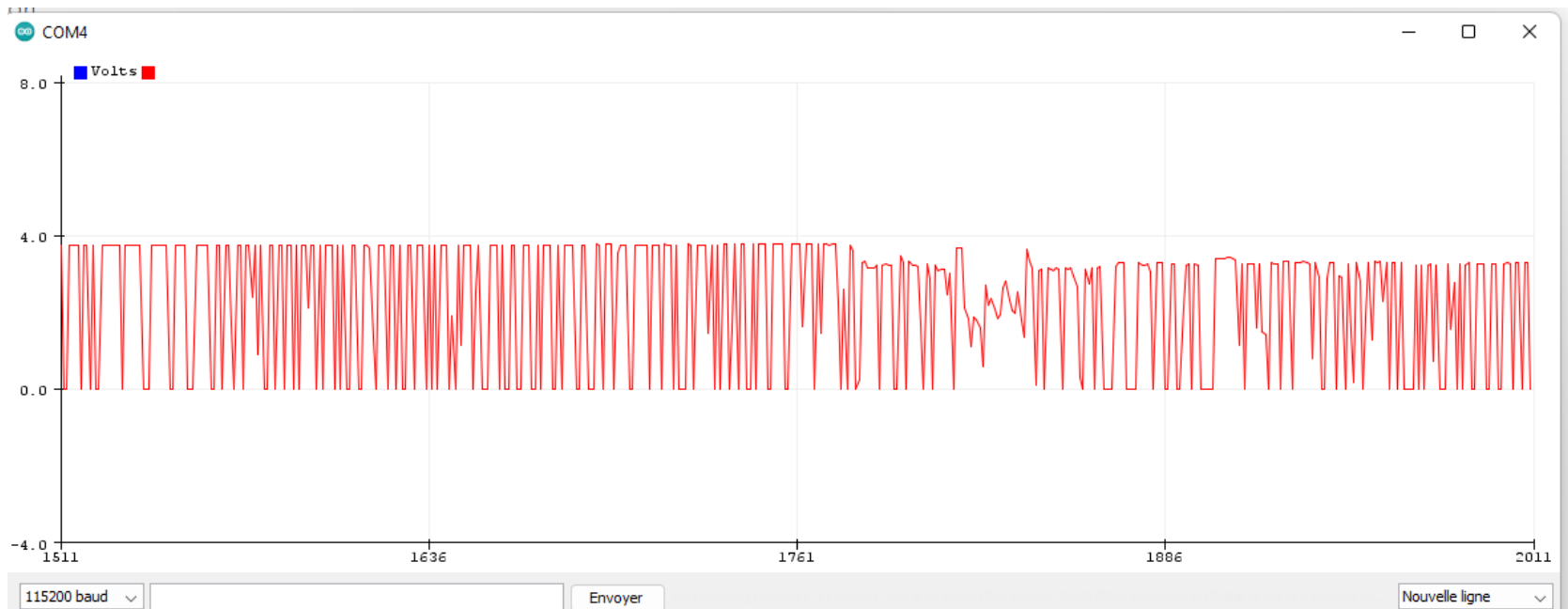
Face composant du circuit imprimé



Face point de soudure du circuit imprimé

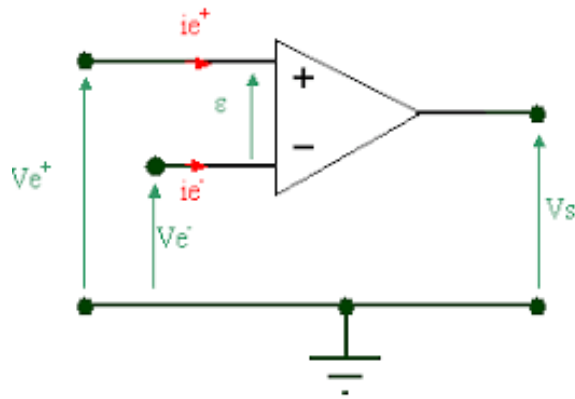


Tension de sortie après amplificateur



Courbe de tension après amplificateur

CONVERTIR LE SIGNAL ANALOGIQUE EN NUMÉRIQUE

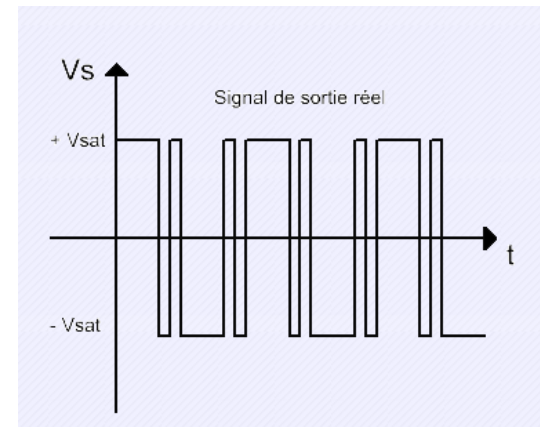
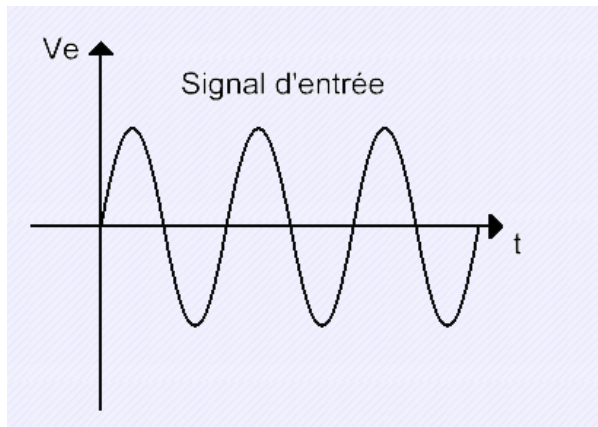


Mode de fonctionnement :

Si $V_{e^+} < V_{e^-}$ alors $V_s = -V_{sat}$

Si $V_{e^+} > V_{e^-}$ alors $V_s = +V_{sat}$

Source : http://gilles.berthome.free.fr/02-Syntheses/A-Traitement_signaux_analogiques/09-Synthese_caracteristiques_ALI.pdf



Source : http://electronique.aop.free.fr/AOP_sature/1_comparateur_simple.html


```

#define PIN_NUMBER 4
#define AVERAGE 4

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(PIN_NUMBER, INPUT);
}

void loop() {
    noInterrupts();
    pulseIn(PIN_NUMBER, HIGH);
    unsigned int pulse_length = 0;
    for (x = 0; x < AVERAGE; x++)
    {
        pulse_length = pulseIn(PIN_NUMBER, HIGH);
        pulse_length += pulseIn(PIN_NUMBER, LOW);
        samples[x] = pulse_length;
    }
    interrupts();

    bool samples_ok = true;
    unsigned int nbPulsesTime = samples[0];
    for (x = 1; x < AVERAGE; x++)
    {
        nbPulsesTime += samples[x];
        if ((samples[x] > samples[0] * 2) || (samples[x] < samples[0] / 2))
        {
            samples_ok = false;
        }
    }

    if (samples_ok)
    {
        unsigned int Ttime = nbPulsesTime / AVERAGE;
        unsigned int Freq = 1000000 / Ttime;

        Serial.print("\r\n");
        Serial.print(Freq);
        Serial.print("Hz : ");
        Serial.print(Freq/doppler_div);
        Serial.print("km/h\r\n");
    }
}

```

COM4

46Hz : 2km/h

52Hz : 2km/h

32Hz : 1km/h

18Hz : 0km/h

21Hz : 1km/h

17Hz : 0km/h

18Hz : 0km/h

Moyenne d'échantillonnage de 1

COM4

543Hz : 28km/h

47Hz : 2km/h

.

53Hz : 2km/h

...

127Hz : 6km/h

..

51Hz : 2km/h

..

74Hz : 3km/h

192Hz : 10km/h

.

1

Moyenne d'échantillonnage de 3

COM4

37Hz : 1km/h

.

41Hz : 2km/h

46Hz : 2km/h

36Hz : 1km/h

50Hz : 2km/h

43Hz : 2km/h

..

37Hz : 1km/h

.

57H

Moyenne d'échantillonnage de 2

COM4

596Hz : 31km/h

.

180Hz : 9km/h

148Hz : 7km/h

.

209Hz : 11km/h

97Hz : 5km/h

194Hz : 10km/h

1597Hz : 84km/h

538Hz : 28km

Moyenne d'échantillonnage de 4

DIMENSIONNEMENT DU MOTEUR

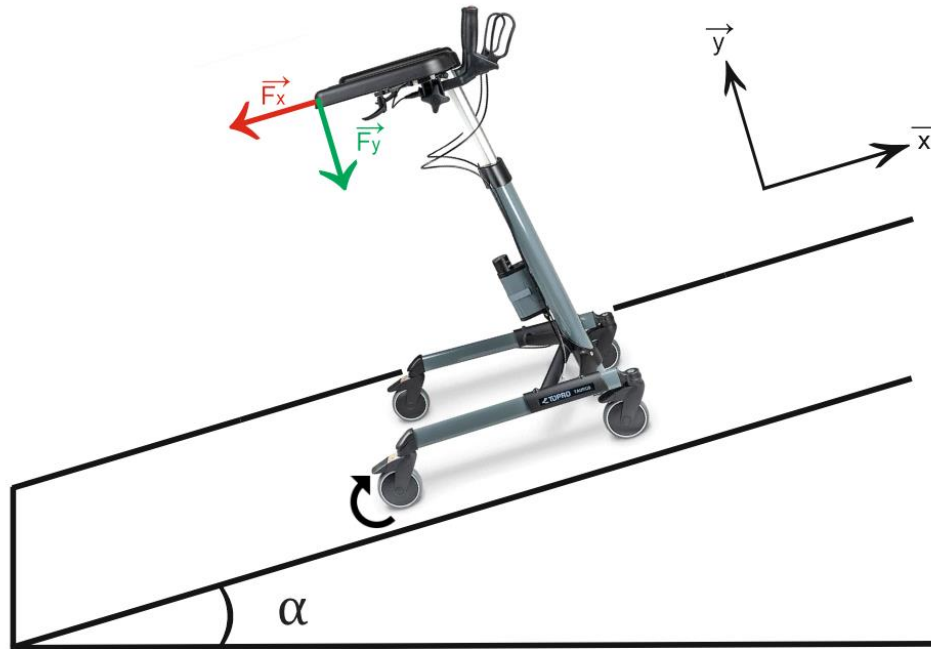
On applique le TEC au {déambulateur} :

$$P^{ext}_{/0} + P^{int} = \frac{dT}{dt}(\Sigma/0)$$

$$P^{ext}_{/0} + P^{int} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} M V^2 \right)$$

Or $V = \text{cste} \longrightarrow \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} M V^2 \right) = 0$

Et $P^{int} = 0$



On a :

$$-F_x * V - M g * \sin(\alpha) * V + C_m * \omega = 0$$

$$\longrightarrow C_m * \omega = F_x * V + M g * \sin(\alpha) * V$$

Application numérique :

$$M = 30 \text{ kg} + 100 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$F_x = 100 \text{ N}$$

$$V = 1,5 \text{ m/s}$$

On a donc :

$$P = C_m * \omega = 1,5(100 + 130 * 9,81 * \sin(20))$$

$$P = 804,3 \text{ W}$$

$$\text{Soit } P \approx 201,08 \text{ W pour un seul moteur}$$

On sait que :

$$\omega = \frac{2 V}{D}$$

Application numérique :

$$D = 0,1 \text{ m}$$

Donc :

$$\omega = \frac{2 * 1,5}{0,1} = 30 \text{ rad/s}$$

$$C_m = \frac{P}{\omega} = \frac{201,08}{30} = 6,7 \text{ Nm}$$

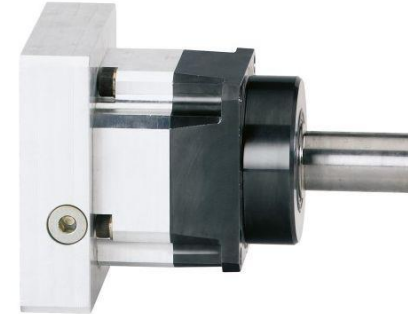
CHOIX DU MOTEUR ET DU RÉDUCTEUR



Moteur à courant continu Crouzet

Caractéristiques

Alimentation : 24V
Vitesse de rotation : 3430 tr/min
Puissance : 209 W
Résistance : $0,7 \Omega$
Inertie : 650 g/cm^2
Inductance : $0,73 \text{ mH}$
Couple de sortie maximum : 290 mNm
Constante de couple : 57 mNm/A
Constante de force électromotrice : $1,8 \text{ mV.s/rad}$

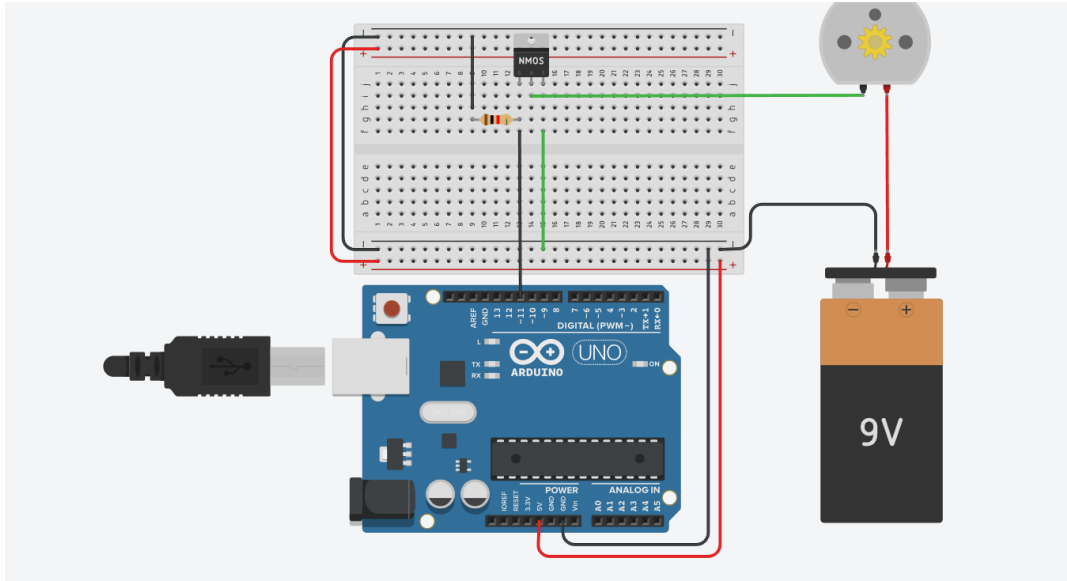


Réducteur planétaire Rexroth

Caractéristiques

Vitesse d'entrée max. : 6300 tr/min
Vitesse de sortie max. : 315 tr/min
Couple d'entrée nominal : 1,25 Nm
Couple de sortie nominal : 25 Nm
Résistance : $0,7 \Omega$
Inductance : $0,73 \text{ mH}$
Rapport de transmission : 20

ASSERVISSEMENT EN VITESSE DU MOTEUR



Matériels :

- Arduino Uno
- Batterie
- Moteur
- Résistance
- Transistor NMOS

Schéma du montage d'un moteur fait avec tinkercad

```
//définition des variables
float rayon = 0.1;
int v_max = 315; //vitesse max du moteur en tr/min
int R = 20; //rapport de réduction du réducteur
float omega = 0;
float v_rot = 0;
float omega_e = 0;
int pmw = 0;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(11,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  float omega = vitesse/rayon; //conversion vitesse en vitesse de rotation
  float v_rot =(omega * 60)/(2 * 3.14); //conversion en tr/min
  float omega_e = v_rot / R; //calcul de la vitesse à imposer au moteur avant réduction
  int pmw = omega_e * 255 / v_max; //obtenir une valeur de vitesse entre 0 et 255
  analogWrite(11,pmw);
}
```

Code pour asservir le
moteur en vitesse

SIMULATION D'UN MOTEUR

Equation électrique	$U_m(p) = E(p) + R * I(p) + L * p * I(p)$	$\frac{I(p)}{U_m(p) - E(p)} = \frac{1}{R + L * P}$
Equations de couplage	$E(p) = K_e * \Omega(p)$ $C_m(p) = K_c * I(p)$	$\frac{E(p)}{\Omega} = K_e$ $\frac{C_m(p)}{I(p)} = K_c$
Equation mécanique	$C_m(p) - C_r(p) = J * p * \Omega(p)$	$\frac{\Omega(p)}{C_m(p) - C_r(p)} = \frac{1}{J * p}$

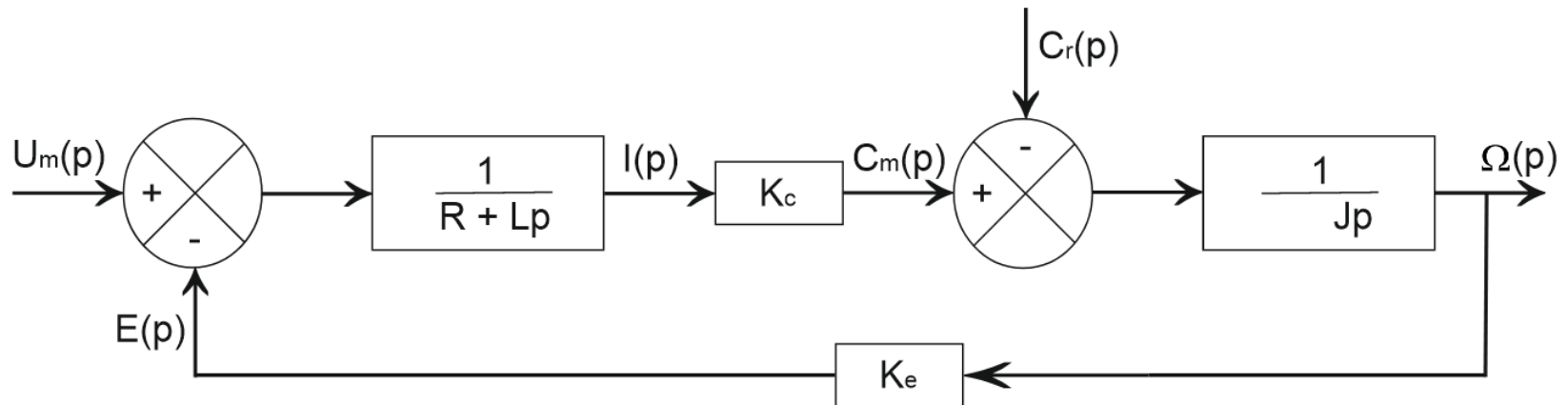
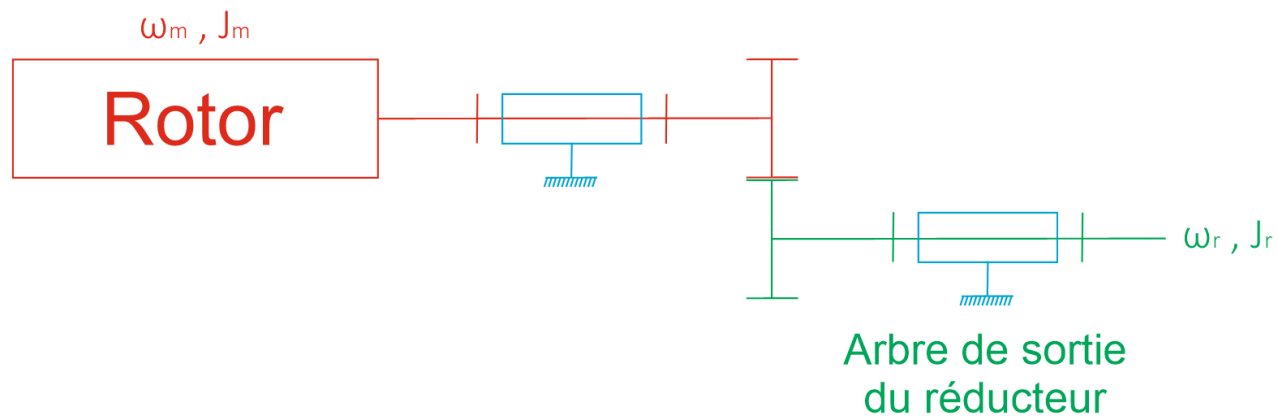


Schéma bloc du moteur à courant continu à partir des équations



Energie cinétique de l'ensemble des pièces en mouvement $T(\Sigma/R_0)$

On a :

$$T(\Sigma/R_0) = \frac{1}{2}J_m\omega_m^2 + \frac{1}{2}J_r\omega_r^2$$

Soit :

$$T(\Sigma/R_0) = \frac{1}{2}J_m\omega_m^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{\omega_r}{\omega_m}\right)^2 J_r\omega_m^2$$

Donc :

$$T(\Sigma/R_0) = \frac{1}{2}(J_m + R^2J_r)\omega_m^2 \quad \text{avec } R = \frac{\omega_r}{\omega_m} \text{ (rapport de transmission)}$$

On identifie ainsi :

$$J = J_m + R^2J_r$$

Application numérique :

$$J = 6,5 * 10^{-5} + 20^2 * 1,2 * 10^{-5}$$

$$J = 4,9 * 10^{-3} \text{ kg/m}^2$$

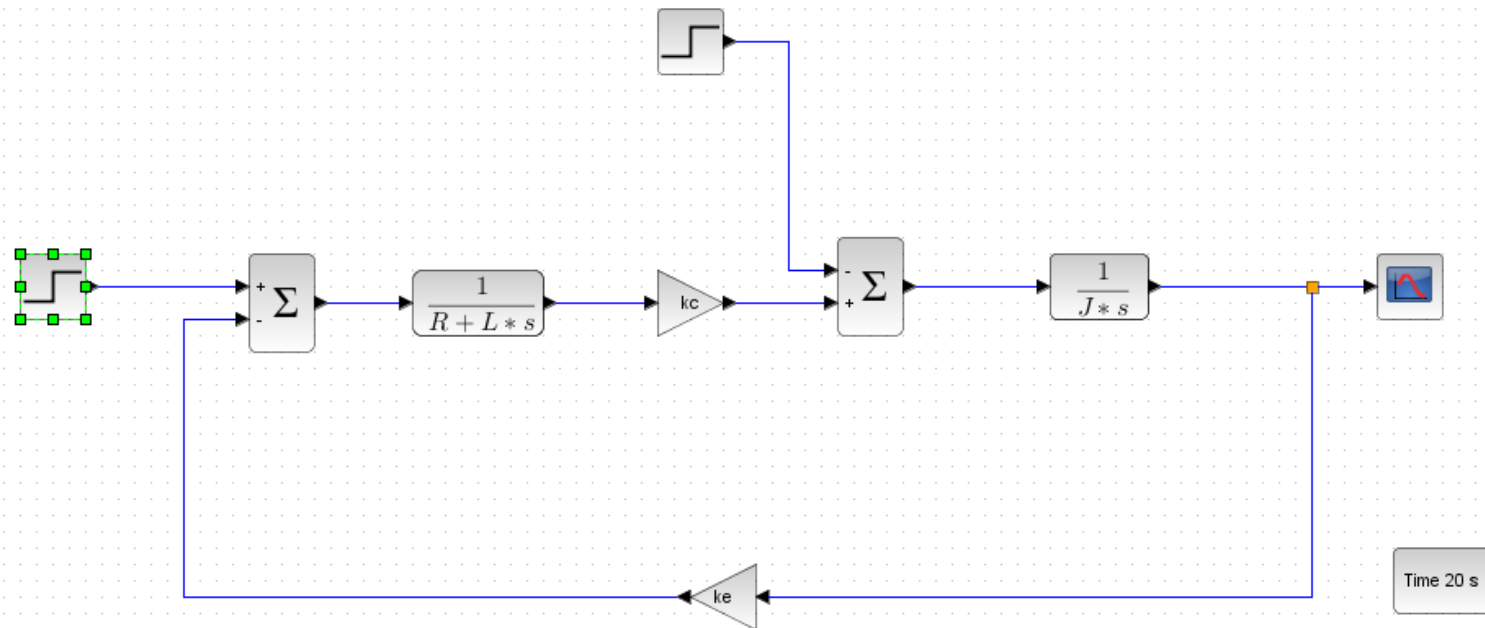
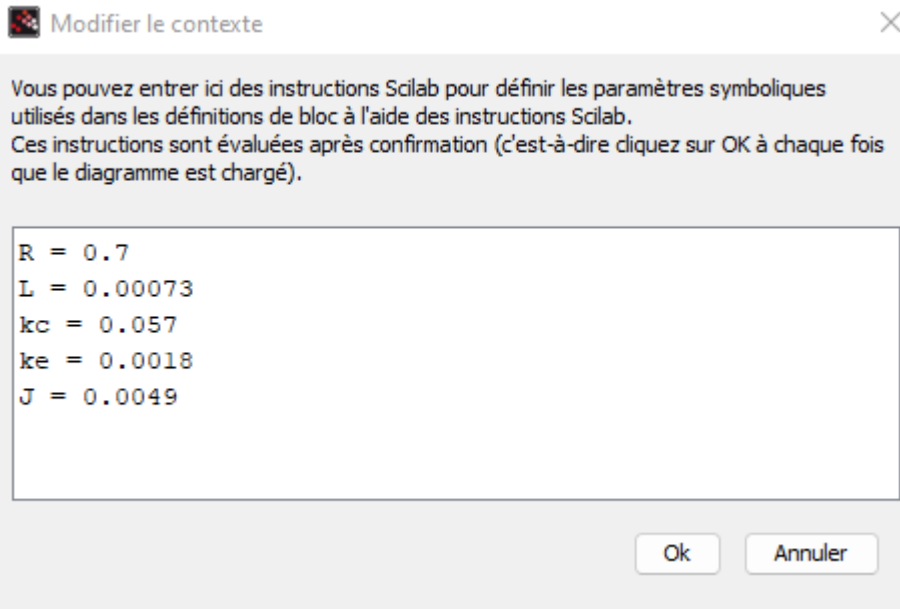
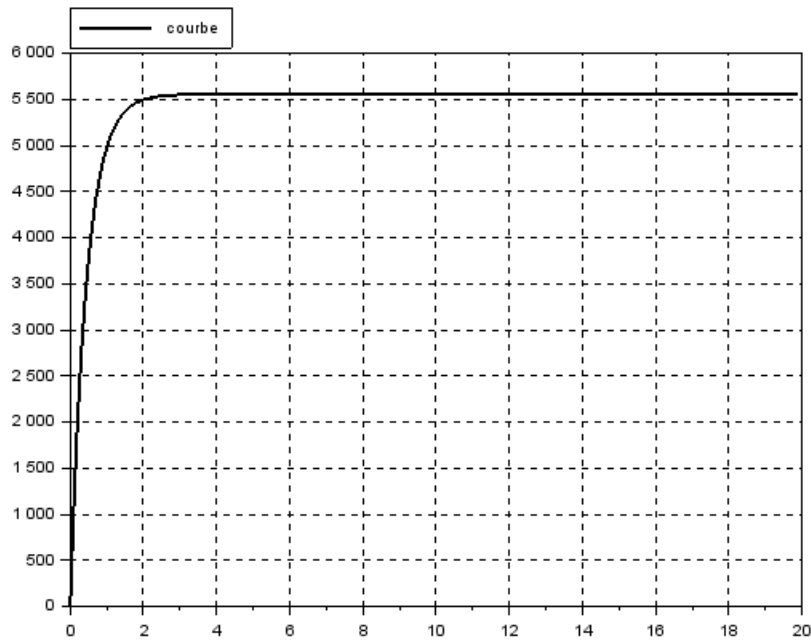


Schéma bloc sur le logiciel Scilab



Valeurs numériques des constante du moteur



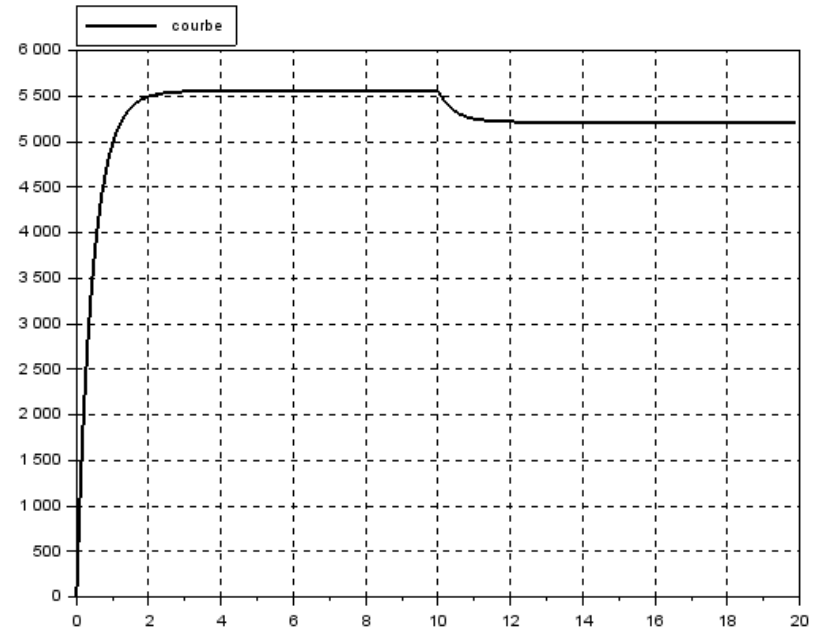
Courbe avec une consigne de 10 V et sans perturbation

Caractéristiques

Valeur finale : 5500 rad/s

Temps de réponse à 5% : 0,43s

Gain statique : 550 rad/s/V



Courbe une consigne de 10 V et une perturbation de 0,05 Nm avec un échelon retardé de 10 secondes

Caractéristiques

Valeur finale : 5214,5 rad/s

Temps de réponse à 5% : 0,39s

Gain statique : 521,45 rad/s/V

SIMULATION DE L'ASSERVISSEMENT EN VITESSE

On adopte pour la suite la modélisation suivante :

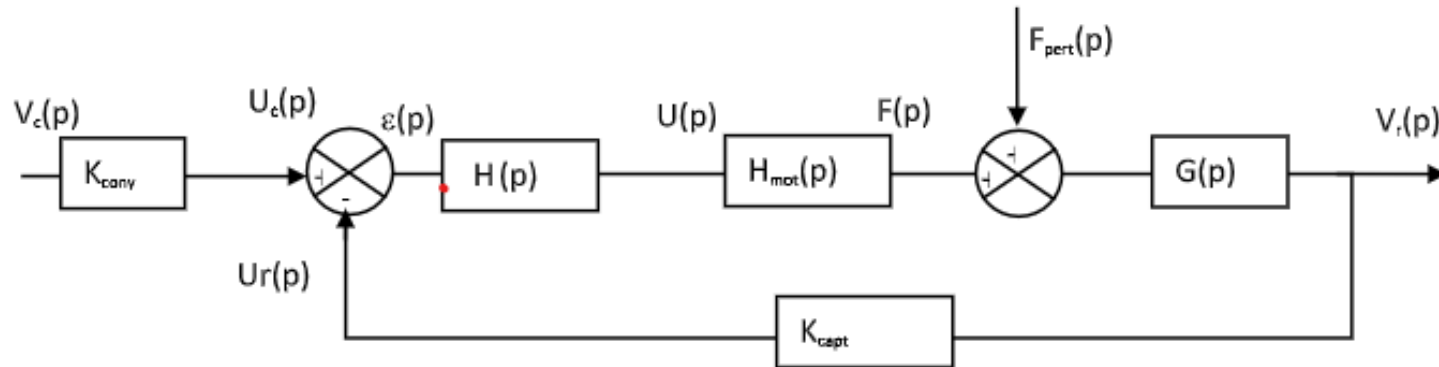
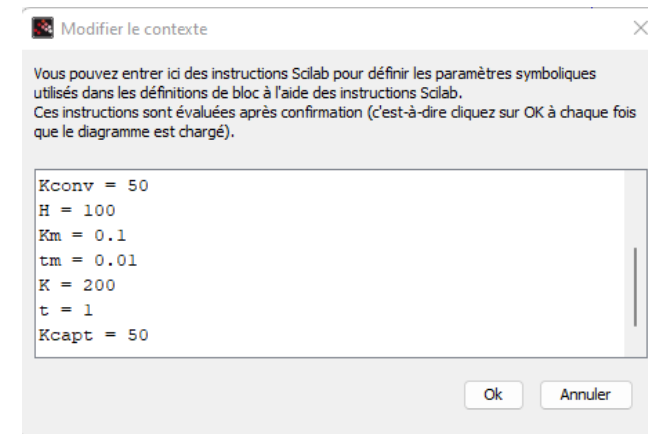
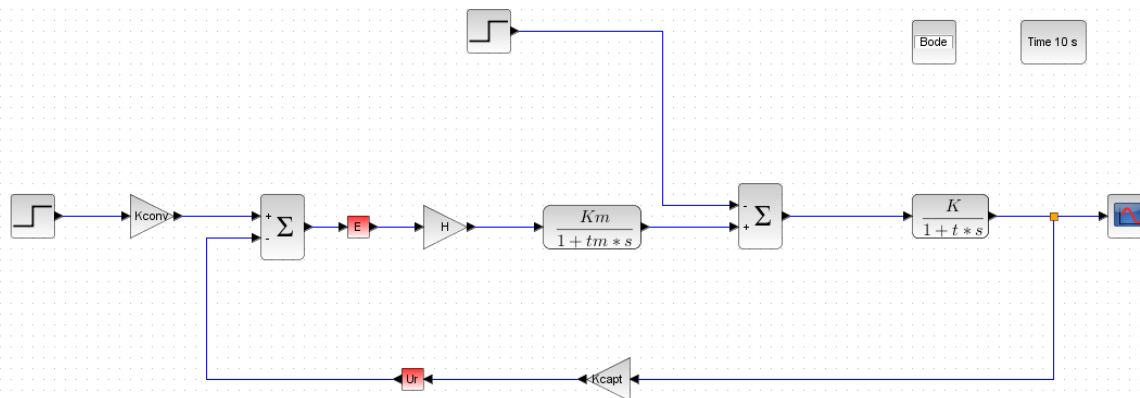
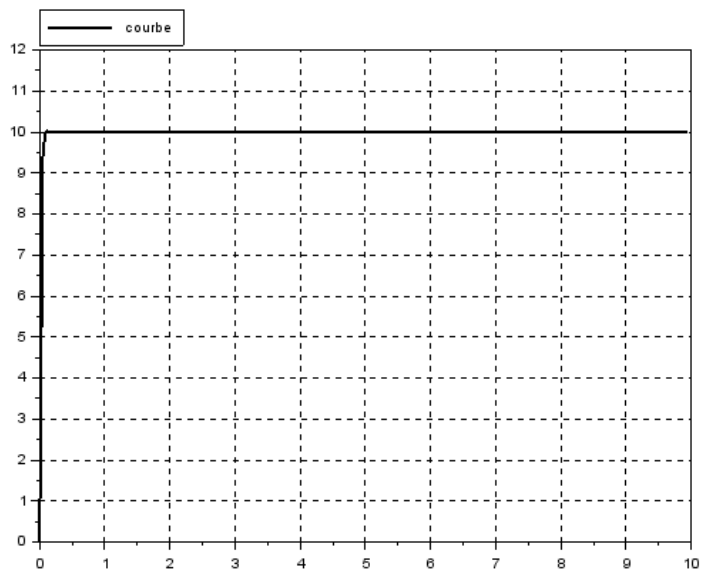


Schéma bloc de l'asservissement en vitesse



Simulation avec le logiciel Scilab et les données du moteur



Courbe temporelle avec un correcteur proportionnel

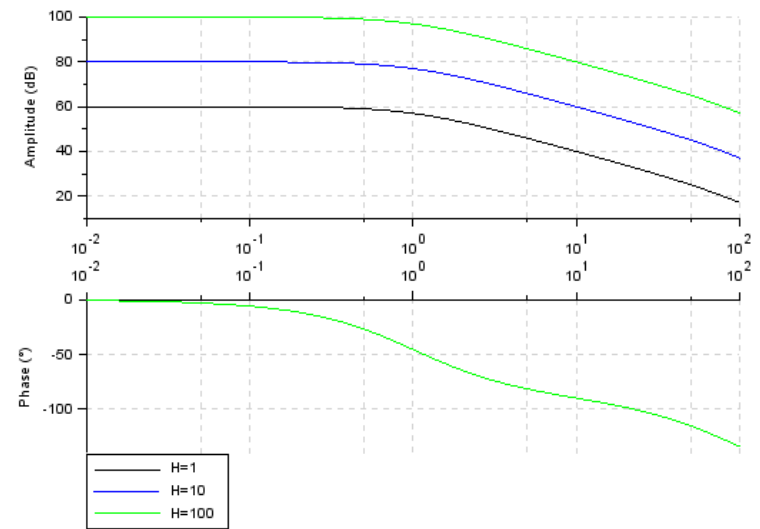
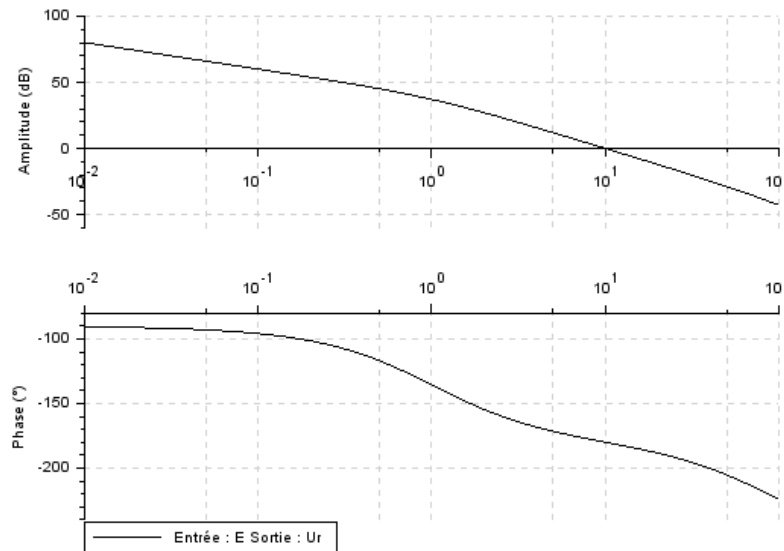


Diagramme de Bode avec un correcteur proportionnel variable

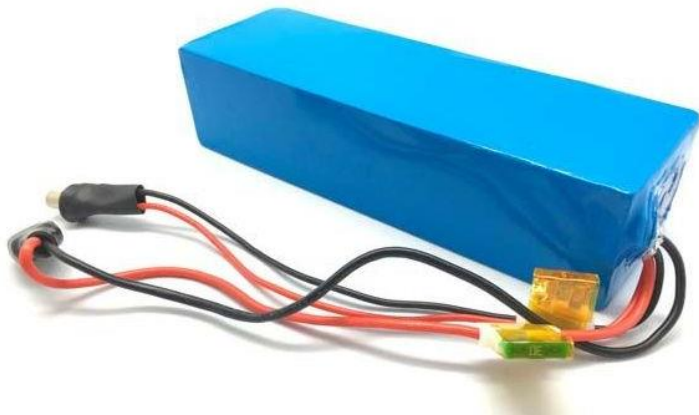


Utilisation d'un correcteur intégrale

DIMENSIONNEMENT DE LA BATTERIE

On a 4 moteurs de 201 W \longrightarrow $P_{cons} = 804 \text{ W}$

Choix de la batterie :



Caractéristiques

Alimentation : 24 V

Puissance : 840 Wh

Temps de charge : 7h00 à 5A et 3h00 à 10A

Poids : 2kg

Dimensions : 155*70*200 mm

Source : <https://ozo-electric.com/fr/batteries-lithium-24v/990956-batteries-lithium-pvc-24v-70wh-a-840wh-panasonic.html>

CONCLUSION

PERFECTIONNEMENT DU SYSTÈME

Utilisation d'un capteur plus précis

Mise en place d'un système qui aide l'utilisateur à se lever

Système de régénération d'énergie pour allonger l'autonomie

Utilisation d'un capteur de proximité pour prévoir des collisions

Mise en place d'un système de différentiel pour réduire la vitesse de rotation des roues à l'intérieur

MERCI !

