

# REGULATION ET ASSERVISSEMENT

## COURS

[TSSI cours asservissement.pdf](#)

---

## TP - Régulation de vitesse d'un moteur à courant continu avec PID

### Objectifs du TP

- Mesurer la vitesse d'un moteur CC avec un codeur incrémental
  - Comprendre la différence entre boucle ouverte et boucle fermée
  - Mettre en œuvre progressivement un correcteur P, puis PI, puis PID
  - Observer l'erreur statique, le dépassement et la sensibilité au bruit
- 

### Travail demandé

- Décrire la réponse du moteur en boucle ouverte
  - Tracer ou décrire la courbe vitesse / consigne pour P
  - Expliquer pourquoi un écart statique persiste
  - Montrer comment I supprime cet écart
  - Comparer les dépassements pour P, PI et PID
  - Conclure sur l'intérêt des trois termes du PID
- 

### 1) Commande du moteur en boucle ouverte

Manipulations :

- Envoyer une commande PWM fixe (ex : 50 %, puis 80 %)
- Observer la vitesse indiquée par le programme
- Bloquer légèrement l'axe du moteur avec le doigt

Observations attendues :

- La vitesse chute immédiatement lorsque l'axe est freiné
- Le moteur ne corrige pas cette chute : c'est normal en boucle ouverte
- La vitesse dépend de la charge, des frottements et de la tension

Conclusion : La boucle ouverte ne permet pas de maintenir une vitesse constante

---

## 2) Mise en place d'un correcteur P (Proportionnel)

Manipulations :

- Activer le correcteur proportionnel :  $u = K_p \cdot e$
- Fixer une consigne (ex : 1500 tr/min)
- Le programme convertit automatiquement en ticks/s
- Freiner légèrement le moteur avec le doigt
- Augmenter progressivement  $K_p$  : 0.2 → 0.5 → 1.0 → 2.0

Observations attendues :

- Le moteur augmente la PWM pour compenser la perturbation
- La vitesse remonte partiellement
- Il reste un écart statique : **vitesse réelle < consigne**
- Si  $K_p$  devient trop grand : oscillations, vibrations, instabilité

Conclusion : Le correcteur P réduit l'erreur, mais ne la supprime pas

---

## 3) Mise en place du correcteur I (Intégral)

Manipulations :

- Ajouter le terme intégral :  $u = K_p e; +; K_I \int e(t) dt$
- Débuter avec  $K_I = 0.05$ , puis 0.1 max
- Freiner l'axe puis relâcher

Observations attendues :

- L'erreur statique disparaît
- La vitesse atteint précisément la consigne
- Si  $K_I$  trop fort : dépassement, oscillations lentes, instabilité

Conclusion : Le correcteur I supprime l'erreur statique, mais ne doit jamais être trop fort

---

## 4) Mise en place du correcteur D (Dérivé)

Manipulations :

- Ajouter le terme dérivé :  $u = K_p e; +; K_I \int e dt; +; K_D \frac{de}{dt}$
- Tester avec  $K_D = 0.01$ , puis 0.05
- Freiner l'axe pour observer la réaction

Observations attendues :

- Le système est mieux amorti
- Le dépassement diminue
- La stabilité augmente

Attention : Si  $K_D$  trop élevé → bruit, vibrations, instabilité

Conclusion : Le terme D stabilise le système, mais n'améliore pas la précision

### Synthèse des rôles P / I / D

Correcteur	Rôle principal	Risques si trop fort
P	réduit l'erreur	oscillations
I	supprime l'erreur statique	dépassement, instabilité
D	amortit, stabilise	amplification du bruit

### Code Arduino du TP (consigne en tr/min, PID en ticks/s)

```
// === TP : PID régulation vitesse moteur CC ===
// Consigne entrée en tours/minute (tr/min)
// Le programme convertit en ticks/s pour le PID
// Mesure du codeur sur interruption

// --- Paramètres codeur ---
const int TICKS_PAR_TOUR = 20; // à adapter selon votre codeur

// --- Pont en H ---
const int M_AV = 3; // PWM forward
const int M_AR = 6; // PWM reverse

// --- Codeur incrémental ---
const int canalA = 2; // interruption 0
const int canalB = 11;

volatile long ticks = 0; // compteur modifié par ISR

// === PID ===
float consigne = 0; // consigne en ticks/s
float kp = 0.8;
float ki = 0.1;
float kd = 0.05;

float erreur, erreurPrec = 0;
float integral = 0;

// === Période mesure ===
```

```
unsigned long lastMeasure = 0;
const unsigned long period = 100; // 100 ms

// === Conversion tr/min -> ticks/s ===
float trMinToTicksSec(float rpm) {
    return (rpm * TICKS_PAR_TOUR) / 60.0;
}

// === Prototypes ===
void ISR_codeur();
void commandeMoteur(float pwm);
float lireConsigne();

void setup() {
    Serial.begin(9600);

    pinMode(M_AV, OUTPUT);
    pinMode(M_AR, OUTPUT);

    pinMode(canalB, INPUT);

    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(canalA), ISR_codeur, RISING);

    Serial.println("=== TP : Regulation PID de vitesse ===");
    Serial.println("Entrez une consigne en tr/min (ex : 1500):");
}

// ===== LOOP =====
void loop() {

    // --- Lecture consigne en tr/min ---
    if (Serial.available() > 0) {
        float rpm = lireConsigne();
        consigne = trMinToTicksSec(rpm);

        Serial.print("Consigne = ");
        Serial.print(rpm);
        Serial.print(" tr/min -> ");
        Serial.print(consigne);
        Serial.println(" ticks/s");
    }

    // --- PID toutes les 100 ms ---
    unsigned long now = millis();
    if (now - lastMeasure >= period) {
        lastMeasure = now;
    }
}
```

```
long ticksMesures = ticks;
ticks = 0;

float vitesse = ticksMesures * (1000.0 / period); // ticks/s

// === PID ===
erreur = consigne - vitesse;
integral += erreur * (period / 1000.0);
float deriv = (erreur - erreurPrec) / (period / 1000.0);
erreurPrec = erreur;

float commande = kp * erreur + ki * integral + kd * deriv;

// Saturation
if (commande > 255) commande = 255;
if (commande < -255) commande = -255;

commandeMoteur(commande);

// Affichage
Serial.print("Consigne ticks/s = ");
Serial.print(consigne);
Serial.print(" | Vitesse = ");
Serial.print(vitesse);
Serial.print(" | PWM = ");
Serial.println(commande);
}
}

// === INTERRUPTIONS CODEUR ===
void ISR_codeur() {
  if (digitalRead(canalB))
    ticks++;
  else
    ticks--;
}

// === COMMANDE MOTEUR ===
void commandeMoteur(float pwm) {
  if (pwm >= 0) {
    digitalWrite(M_AR, LOW);
    analogWrite(M_AV, pwm);
  } else {
    digitalWrite(M_AV, LOW);
    analogWrite(M_AR, -pwm);
  }
}
```

```
// === LECTURE CONSIGNE ===  
float lireConsigne() {  
    String txt = Serial.readStringUntil('\n');  
    txt.trim();  
    return txt.toFloat();  
}
```

From:  
<https://mistert.freeboxos.fr/dokuwiki/> - Wiki de Sébastien TACK

Permanent link:  
[https://mistert.freeboxos.fr/dokuwiki/doku.php?id=ssi\\_elec\\_regulation\\_asservissement&rev=1764425875](https://mistert.freeboxos.fr/dokuwiki/doku.php?id=ssi_elec_regulation_asservissement&rev=1764425875)

Last update: 2025/11/29 14:17

