

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.

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 (sans forcer).

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 : 200 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 Kp 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 Ki = 0.05, puis 0.1 max.
- Freiner l'axe puis relâcher.

Observations attendues :

- L'erreur statique disparaît.
- La vitesse atteint précisément la consigne.
- Si Ki 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 Kd = 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 Kd 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

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.

```
// === TP : PID pour régulation de VITESSE d'un moteur CC ===
// Mesure vitesse = codeur incrémental sur interruption
// Consigne reçue par le Moniteur Série (en tr/min ou en ticks/s)

// --- 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;      // vitesse ciblée (ex : en ticks/s)
float kp = 0.8;          // gains PID : à régler en TP
float ki = 0.1;
float kd = 0.05;

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

// === Mesure période ===
unsigned long lastMeasure = 0;
const unsigned long period = 100; // calcul vitesse toutes les 100 ms

// === 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 ticks/s (ex : 200):");
}

// ===== BOUCLE PRINCIPALE =====
void loop() {
  // --- Lecture consigne si disponible ---
  if (Serial.available() > 0) {
    consigne = lireConsigne();
    Serial.print("Nouvelle consigne = ");
    Serial.println(consigne);
  }

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

    long ticksMesures = ticks; // copie atomique
    ticks = 0;                // RAZ pour prochaine fenêtre

    float vitesse = ticksMesures * (1000.0 / period); // en 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;

    // Limiter entre -255 et 255
    if (commande > 255) commande = 255;
    if (commande < -255) commande = -255;

    commandeMoteur(commande);

    // --- Affichage TP ---
    Serial.print("Consigne=");
    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=1764424586

Last update: 2025/11/29 13:56

