

# 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 (Integral)

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	dépassemement, 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=1764425686](https://mistert.freeboxos.fr/dokuwiki/doku.php?id=ssi_elec_regulation_asservissement&rev=1764425686)

Last update: **2025/11/29 14:14**

