

# Asservissement de Vitesse



## Sur le système ERS 218

### Logiciel & Hacheur & Banc moteur

Contrôle/Commande

EPS 210000

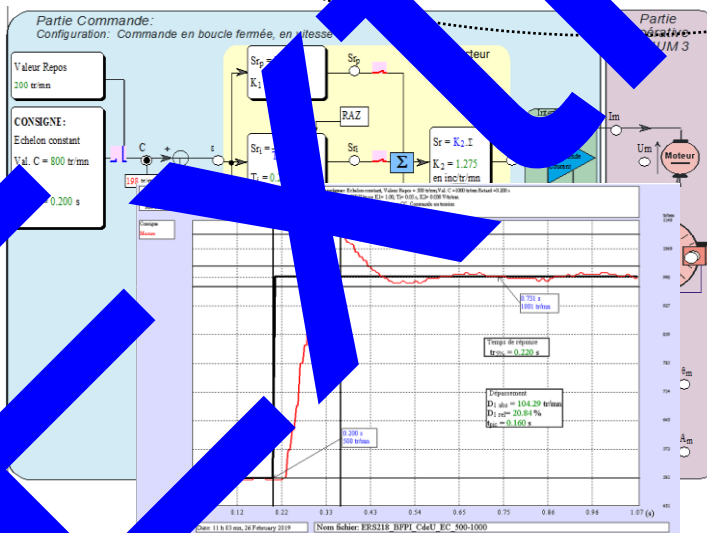
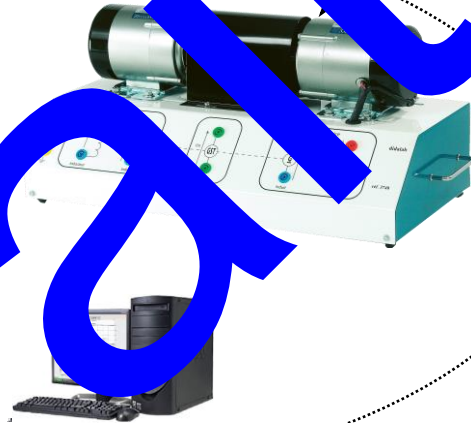
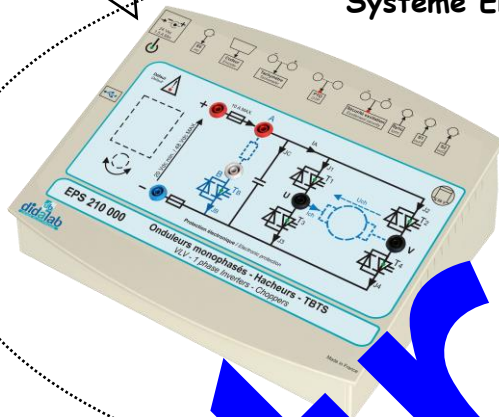
ELD 037 480

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| Niveau :        | CITE 2011 |
| Post secondaire | 4         |
| Supérieur court | 5-6       |

Hacheur 4 quadrants  
Réf : EPS 210 000

Banc moteur  
Réf : ELD 037 480

### Système ERS 218



Logiciels sur PC  
D\_EPS210 (Réf : ERS 210 100)



En Option :  
D\_Scil (Réf : ERS 210 800)  
Scilab-Xcos & Compilateur



# Comptes rendus

# EXTRAITS

## SOMMAIRE:

| Référence   | Thème   | Page |
|-------------|---|------|
| TP1-BO1     | Identification en Boucle Ouverte n°1 (Moteur alimenté en courant) | 5    |
| TP2-BO2     | Identification en Boucle Ouverte n°2 (Moteur alimenté en tension) | 7    |
| TP3-RVP     | Régulation de Vitesse avec correction Proportionnelle             |      |
| TP4-RVPI    | Régulation de Vitesse avec correction PI                          |      |
| TP5-PR-CdeI | Prototypage Rapide avec « Scilab- »                               | 31   |

Techniques

Ref : ERS2

Manuel des travaux pratiques

Sujets et Comptes rendus

Niveau CITE 4-5-6 (STS; IUT; CPGE ;Licence ; Ingénieurs)

218 050 Manuel Sujets

3 040 Manuel Comptes rendus



Ce manuel fait partie d'un ensemble de documents pédagogiques en référence

### **Ouvrage ressource**

**Automatique : régulations et asservissements :  
Cours - Applications - Expérimentations - Prototypages  
(Coll. Automatique et productique)**

Auteurs : HANS Thierry, GUYÉNOT Pierre

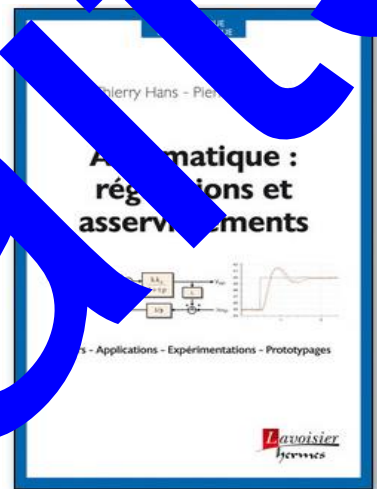
Langue : Français

Date de parution : 06-2014

Ouvrage 305 p. - 16.4x24 cm - Broché -

ISBN : 9782746246317

**Lavoisier**  
hermes



# Compte rendu

TP d'asservissements  
sur système ERS218

## TP N° 4

Réf: TP4\_S218\_RVPI\_Compte-rendu.word

# ETUDE EN BOUCLE FERMEE, EN VITESSE AVEC CORRECTION PROPORTIONNELLE+INTEGRALE

Réf: RVPI

- Etude suivant l'interface de puissance d'alimentation moteur
- Avec charge mécanique de type frottement visqueux

## Sommaire

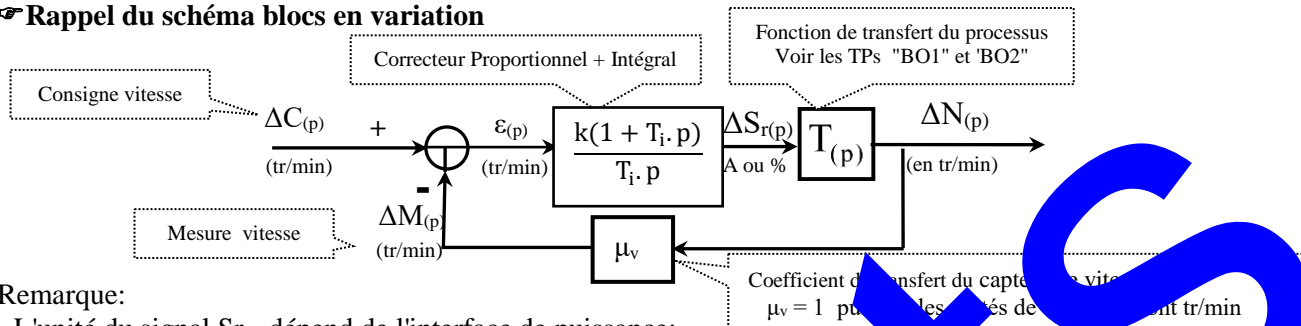
|   |    |
|---|----|
| 1. PREDETERMINATIONS .....  | 3  |
| 1.1. Schéma blocs et fonction de transfert en boucle fermée .....                   | 3  |
| 1.2. Comportement en régime statique .....  | 3  |
| 1.3. Comportement en régime dynamique .....   | 4  |
| 1.3.1. Etude dans le cas d'une commande en courant du moteur                        |    |
| 1.3.2. Etude dans le cas d'une commande en tension du moteur                        |    |
| 2. ETUDE AVEC COMMANDE DU MOTEUR EN COURANT .....                                   | 6  |
| 2.1. Comportement en régime statique .....  | 6  |
| 2.2. Comportement en régime dynamique .....   | 6  |
| 2.2.1. Réponse à une variation de consigne en échelon constant                      | 6  |
| 2.2.2. Réponse en régime sinusoïdal à la pulsation propre $\omega = \omega_F$       | 7  |
| 2.2.3. Réponse à une excitation en rampe limitée                                    | 7  |
| 2.2.4. Influence de la valeur du coefficient d'action proportionnelle               | 8  |
| 2.2.5. Recherche de la juste instabilité  | 8  |
| 2.2.6. Réponse à une perturbation sur la charge mécanique                           | 9  |
| 2.3. Comparaison suivant type de correcteur .....                                   | 9  |
| 3. ETUDE AVEC COMMANDE DU MOTEUR EN TENSION .....                                   | 10 |
| 3.1. Comportement en régime statique .....  | 10 |
| 3.2. Comportement en régime dynamique .....   | 10 |
| 3.2.1. Réponse à un échelon constant  | 10 |
| 3.2.2. Comportement en régime sinusoïdal, à la pulsation propre $\omega = \omega_F$ | 11 |
| 3.2.3. Influence du coefficient d'action proportionnelle                            | 12 |
| 3.2.4. Recherche de la juste instabilité  | 12 |
| 3.2.5. Réponse à une excitation en rampe limitée                                    | 13 |
| 3.2.6. Réponse à une perturbation sur la charge mécanique                           | 13 |
| 3.3. Comparaison suivant type de correcteur .....                                   | 14 |
| 4. Etude comparative suivant type d'alimentation du moteur .....                    | 14 |
| 4.1. Influence sur la réponse à un échelon constant .....                           | 14 |
| 4.2. Influence sur la réponse en régime sinusoïdal .....                            | 15 |
| 4.3. Influence sur le comportement suite à perturbation de charge .....             | 16 |

# Extraits

# 1. PREDETERMINATIONS

## 1.1. Schéma blocs et fonction de transfert en boucle fermée

### Rappel du schéma blocs en variation



Remarque:

- L'unité du signal  $Sr(t)$  dépend de l'interface de puissance:
  - en ampères (A) si l'interface est de type "commande en courant".
  - en % (par rapport à la tension d'alimentation) si l'interface est de type "commande en tension".
- De même pour l'expression de la fonction de transfert du processus notée  $T(p)$ .

### Expression de la fonction de transfert en boucle fermée

$$\rightarrow F(p) = \frac{\Delta N(p)}{\Delta C(p)} = \frac{k(1+T_i.p).T(p)}{T_i.p+k(1+T_i.p).T(p).\mu_v}$$

## 1.2. Comportement en régime statique

Expression du coefficient de transfert statique  $K_F$ .  
 Il suffit de faire  $p = 0$  dans la fonction de transfert :

D'après les TP "BO1" et "BO2":  
 $T(0) = \alpha$  pour une commande du moteur en courant  
 $T(0) = \alpha_u$  pour une commande du moteur en tension

Soit pour une commande en courant par exemple :

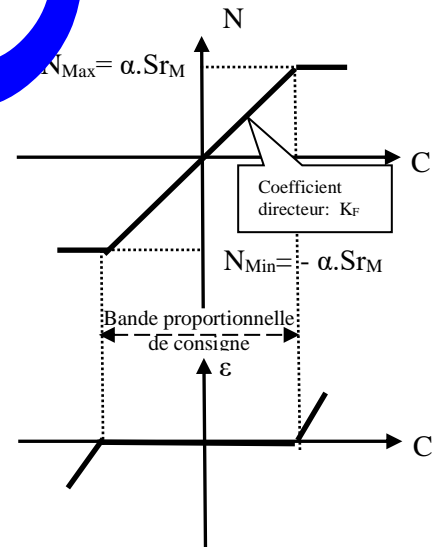
$$\frac{N}{C} = \frac{k.\alpha}{(k.\alpha.\mu_v)} = \frac{1}{\mu_v} \quad K_F = 1$$

Si la sortie du régulateur est limitée à la plage de variation

$[-S_rM; S_rM]$  sera limité à la plage  $[-\alpha.S_rM; \alpha.S_rM]$

Pour l'erreur statique:  $\epsilon_s =$

Lorsque le régulateur est saturé, la vitesse reste bloquée à sa valeur maximale (et la mesure reste aussi bloquée). Une augmentation de C se traduira alors intégralement en niveau de l'écart.



L'erreur statique est nulle si on reste dans la bande proportionnelle du régulateur.

### 1.3. Comportement en régime dynamique

#### 1.3.1. Etude dans le cas d'une commande en courant du moteur

##### ☞ Fonction de transfert en boucle fermée approchée

Si on admet en première approximation que le modèle dominant en boucle ouverte est une fonction du deuxième ordre décomposable :

Si on choisit la constante de temps d'intégration  $T_i = \tau_1$   
(Méthode de la compensation de la constante de temps dominante)

On peut simplifier la fonction de transfert de boucle ouverte globale

La fonction de transfert en boucle fermée, valable également pour des variations autour du point de repos, devient:

$$F(p) = \frac{\Delta N(p)}{\Delta C(p)} = \frac{\frac{k\alpha}{\tau_1 p (1 + \tau_2 p)}}{1 + \frac{k\alpha}{\tau_1 p (1 + \tau_2 p)}} = \frac{k\alpha}{k\alpha + \tau_1 p (1 + \tau_2 p)} = \frac{1}{1 + \frac{\tau_1}{k\alpha} p + \frac{\tau_1 \tau_2}{k\alpha} p^2}$$

Soit par identification:  $K_F = \frac{1}{\mu_v} = 1$     $\omega_F = \sqrt{\frac{k\alpha}{\tau_1 \tau_2}}$     $\xi_F = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\tau_1}{k\alpha \tau_2}}$

$$\frac{\Delta N(p)}{\Delta Sr(p)} = \frac{\alpha}{(1 + \tau_1 p)(1 + \tau_2 p)}$$

$$O(p) = \frac{\Delta N(p)}{\Delta \varepsilon(p)} = \frac{k\alpha (1 + T_i p)}{T_i p (1 + \tau_1 p)(1 + \tau_2 p)}$$

$$\rightarrow O(p) = \frac{\Delta N(p)}{\Delta \varepsilon(p)} = \frac{k\alpha}{\tau_1 p (1 + \tau_2 p)}$$

Cette fonction de transfert est à identifier à la forme canonique

$$F(p) = \frac{\Delta N(p)}{\Delta \varepsilon(p)} = \frac{K_F}{1 + 2\xi_F \frac{p}{\omega_F} + \frac{p^2}{\omega_F^2}}$$

##### ☞ Réglage du correcteur (choix de la valeur du coefficient k)

Si on souhaite une réponse à un échelon constant la plus rapide possible sans dépassement, il faut choisir :

$\xi_F = 1$  (D'après ouvrage cité en référence<sup>1</sup>)

Ce qui entraîne :  $k = \frac{\tau_1}{4\alpha \tau_2}$  et  $\omega_F = \frac{1}{2\tau_2}$

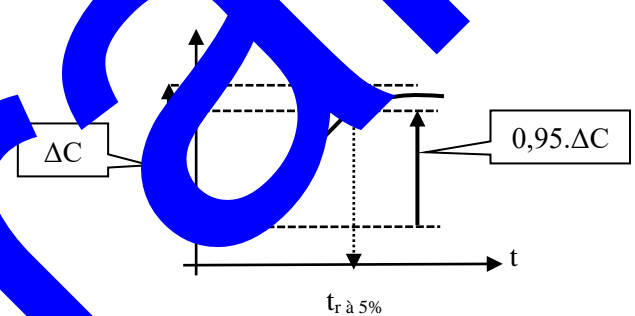
##### ☞ Application numérique

D'après les résultats obtenus lors du TP

« BO1 »

$\alpha = 646 \text{ tr/min/A}$     $\tau_1 = 0,408\text{s}$  et  $\tau_2 = 0,034\text{s}$

$\rightarrow k = 0,0046 \frac{\text{A}}{\text{tr/min}}$     $\omega_F = 4,7 \text{ rad/s}$



##### ☞ Réponse à une variation de consigne en échelon échelon constant d'amplitude notée « ΔC »

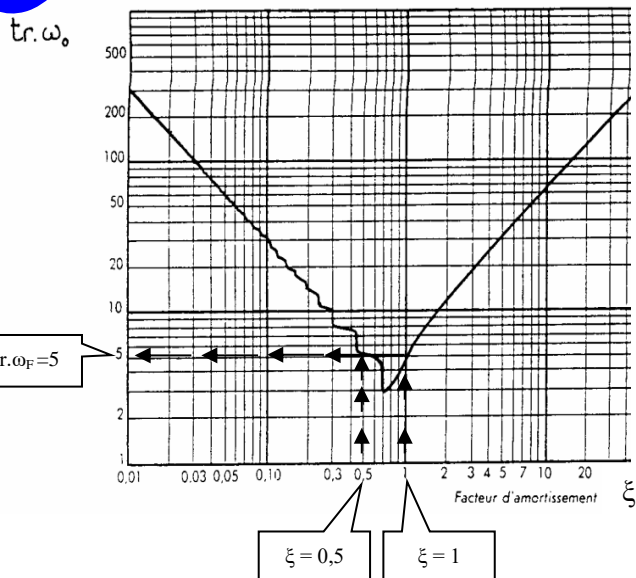
La valeur choisie pour le coefficient d'amortissement  $\xi_F = 1$  entraîne une réponse apériodique (sans dépassement), avec une pente nulle.

En régime final, la mesure rejette la consigne « A »

Le temps de réponse à 5% a pour expression

$t_{r \text{ à } 5\%} = 5/\omega_F$     $t_{r \text{ à } 5\%} = 0,3\text{s}$

TABLEAU DES TEMPS DE REPONSE REDUITS:



##### ☞ Réponse en régime harmonique à la pulsation particulière $\omega_F$

La valeur choisie pour le coefficient d'amortissement  $\xi_F = 1$  entraîne qu'en régime harmonique et à la pulsation propre  $\omega_F$ , le rapport d'amplitude sera égal à :

$\frac{1}{\sqrt{1 + (2\xi_F)^2}} = 0,5$

et le déphasage sera égal à  $-\pi/2$ .

<sup>1</sup> Ouvrage « Automatique : régulations et asservissements » De T. Hans et P. Guyénot » aux éditions Lavoisier-Hermès : Chapitre 6



**Réponse à une excitation en rampe de pente notée « V »**

Dans ce cas la consigne à pour expression :

$$C(t) = V \cdot t \cdot u(t) \quad ] \quad C(p) = \frac{V}{p^2}$$

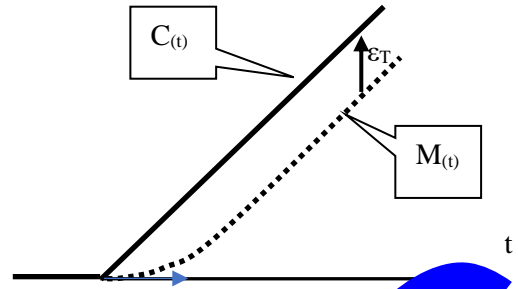
D'après l'ouvrage cité en référence<sup>2</sup>, l'erreur de traînage peut être exprimée :

→ à partir des éléments caractéristiques en BO

$$\varepsilon_T = \frac{V}{k \cdot \alpha \cdot \mu_v \cdot \omega_o} = \frac{V \cdot \sqrt{\tau_1 \cdot \tau_2}}{k \cdot \alpha \cdot \mu_v}$$

→ à partir des éléments caractéristiques en BF

$$\varepsilon_T = \frac{V \cdot 2 \cdot \xi_F}{\omega_F} \rightarrow \text{AN : } \boxed{\varepsilon_T = 0,136 \cdot V}$$



**1.3.2. Etude dans le cas d'une commande en tension du moteur**

**Fonction de transfert en boucle fermée approchée**

Si on admet en première approximation que le modèle dominant en boucle ouverte est une fonction du deuxième ordre décomposable :

Si on choisit la constante de temps d'intégration  $T_i = \tau$

On peut simplifier la fonction de transfert de boucle ouverte globale

La fonction de transfert en boucle fermée, valable également

des variations autour du point de repos, devient :

$$F(p) = \frac{\Delta N(p)}{\Delta C(p)} = \frac{\frac{k \cdot \alpha_u}{\tau \cdot p \cdot (1 + \tau \cdot p)}}{1 + \frac{k \cdot \alpha_u}{\tau \cdot p \cdot (1 + \tau \cdot p)}} = \frac{k \cdot \alpha_u}{k \cdot \alpha_u + \tau \cdot p \cdot (1 + \tau \cdot p)} = \frac{1}{1 + \frac{\tau}{k \cdot \alpha_u} p + \tau^2 p^2} \rightarrow O(p) = \frac{N(p)}{\Delta \varepsilon(p)} = \frac{k \cdot \alpha_u}{\tau \cdot p \cdot (1 + \tau \cdot p)^2}$$

Soit par identification:  $K_F = \frac{1}{\mu_v} = 1$

$\omega_F = \frac{1}{\tau}$

$\xi_F = \frac{1}{2} = 0,5$

$\omega_F = \frac{1}{\tau}$

$\xi_F = \frac{1}{2}$

$\omega_F = \frac{1}{\tau}$

$\xi_F = \frac{1}{2}$

**Réglage du correcteur (choix de la valeur du coefficient k)**

Si on souhaite une réponse à un échelon constant présentant un dépassement relatif de 15% dépassement, il faut choisir :

$$\boxed{\xi_F = 1/2 = 0,5}$$

en référence)

Ce qui entraîne :  $k = \frac{1}{\alpha}$  et  $\omega_F = \frac{1}{\tau}$

**Application numérique**

D'après les résultats obtenus dans du TP « BO2 »

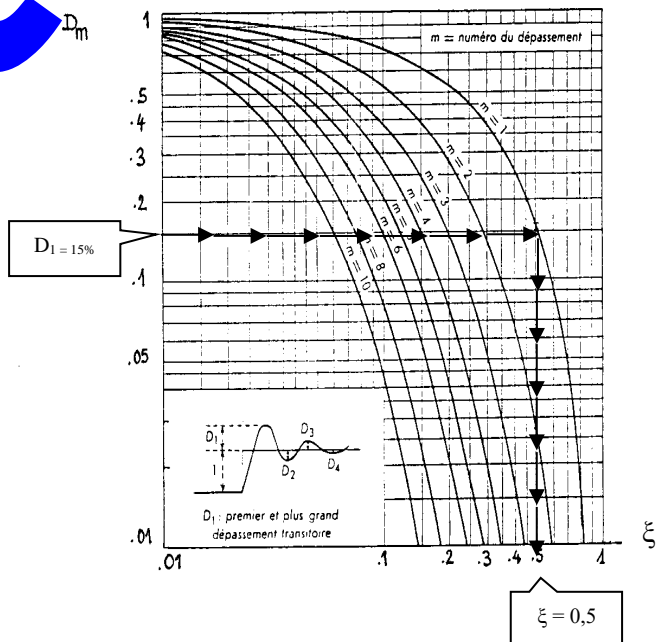
$$\alpha_u = \dots \text{tr/min/\%} \quad \tau = \dots \text{s}$$

$$\rightarrow \dots = 0,038 \frac{\%}{\text{tr/min}} \quad \omega_F = 19,5 \text{rad/s}$$

**Réponse à une variation de consigne en échelon constant d'amplitude notée**

La valeur choisie pour le coefficient d'amortissement  $\xi_F = 0,5$  entraîne une réponse pseudo périodique (sans dépassement), avec une pente nulle à l'origine.

ABACUS DES DEPASSEMENTS REDUITS :



En régime final, la mesure rejoint la consigne « A »

<sup>2</sup> Ouvrage « Automatique : régulations et asservissements » De T. Hans et P. Guyénot » aux éditions Lavoisier-Hermès

Le dépassement relatif sera normalement de 15%

Le temps de réponse à 5% a pour expression  $t_r \text{ à } 5\% = 5/\omega_F \rightarrow \boxed{t_r \text{ à } 5\% = 0,34 \text{ s}}$

☛ Réponse en régime harmonique à la pulsation particulière  $\omega = \omega_F$

La valeur choisie pour le coefficient d'amortissement  $\xi_F = 0,5$  entraîne qu'en régime harmonique et à la pulsation propre  $\omega_F$ , le rapport des amplitude sera égal à :  $\boxed{K_F/(2 \cdot \xi_F) = 1}$

et le déphasage sera égal à  $-\pi/2$ .

☛ Réponse à une excitation en rampe de pente notée « V »

Les résultats donnés précédemment sont applicables

→ à partir des éléments caractéristiques en BO :  $\rightarrow \epsilon_T = \frac{V}{k \cdot \alpha_u \cdot \mu_V \cdot \omega_0} = \frac{V \cdot \tau}{k \cdot \alpha_u}$

→ à partir des éléments caractéristiques en BF :  $\rightarrow \epsilon_T = \frac{V \cdot 2 \cdot \xi_F}{\omega_F} = \frac{V}{\omega_F}$

AN :  $\boxed{\epsilon_T = 0,051 \cdot V}$

## 2. ETUDE AVEC COMMANDE DU MOTEUR EN COURANT

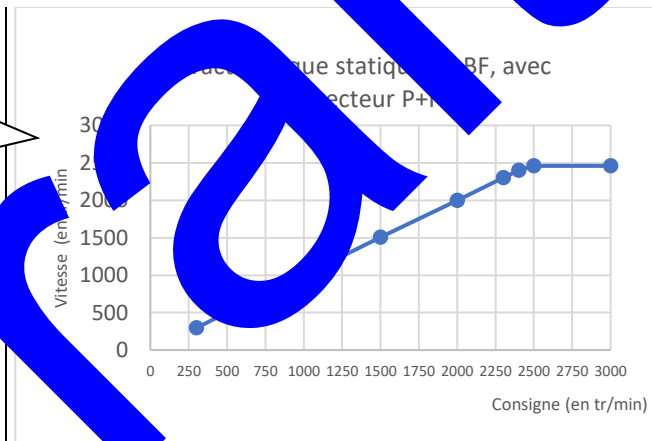
### 2.1. Comportement en régime statique

Tableau des relevés

| C<br>(en tr/min) | N<br>(en tr/min) |
|------------------|------------------|
| 300              | 295              |
| 500              | 500              |
| 1000             | 1000             |
| 1500             | 1505             |
| 2000             | 2000             |
| 2300             | 2300             |
| 2400             | 2400             |
| 2500             | 2460             |
| 3000             | 2460             |

La valeur de saturation est toujours la même  $N_{Max} = 2460 \text{ tr/min}$

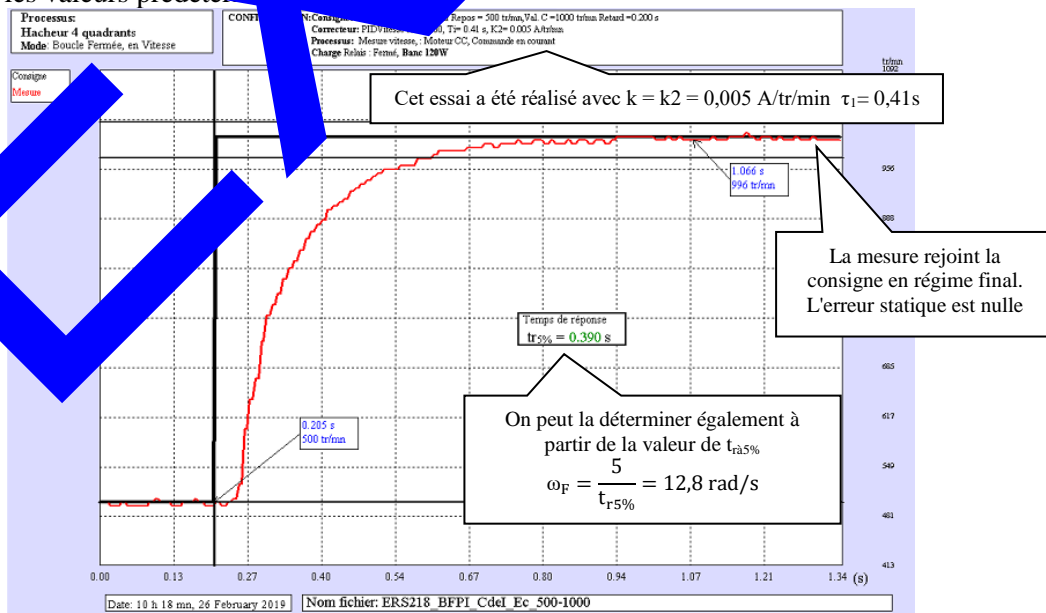
Dans la partie linéaire la vitesse est égale à la consigne  
→ On dit que le système est précieusement



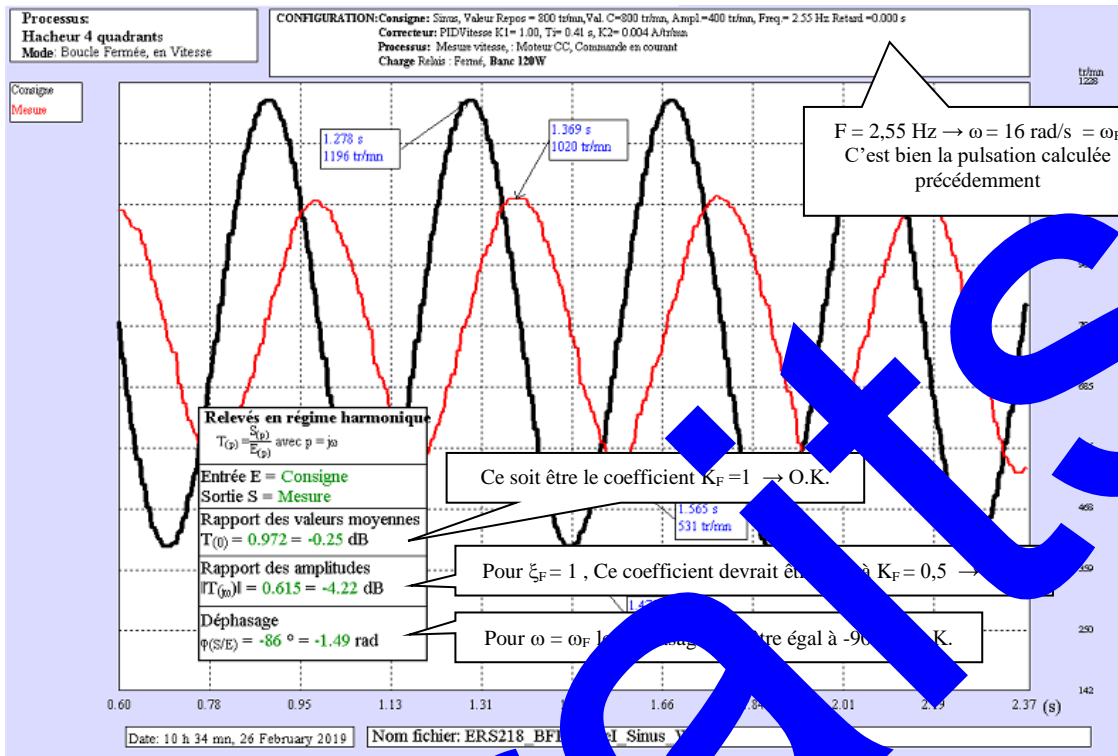
### 2.2. Comportement en régime dynamique

#### 2.2.1. Réponse à une variation de consigne en échelon constant

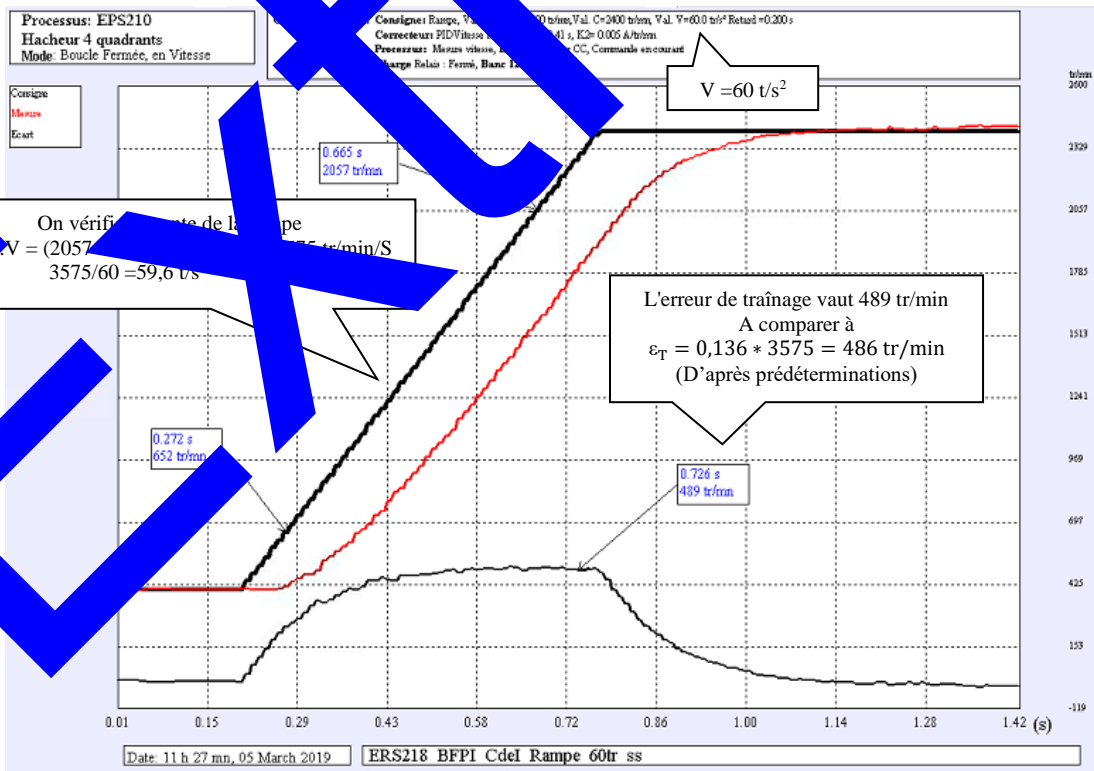
→ les valeurs prédites



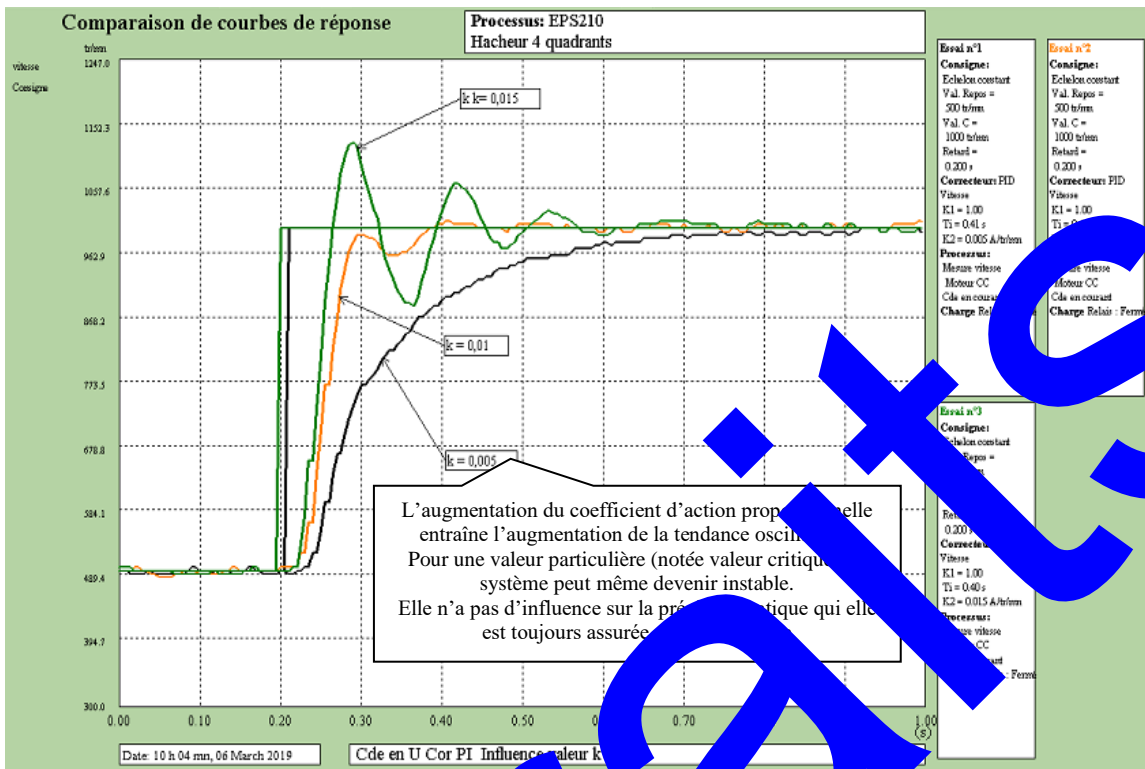
2.2.2. Réponse en régime sinusoïdal à la pulsation propre  $\omega = \omega_F$



2.2.3. Réponse à une excitation en rampe limitée



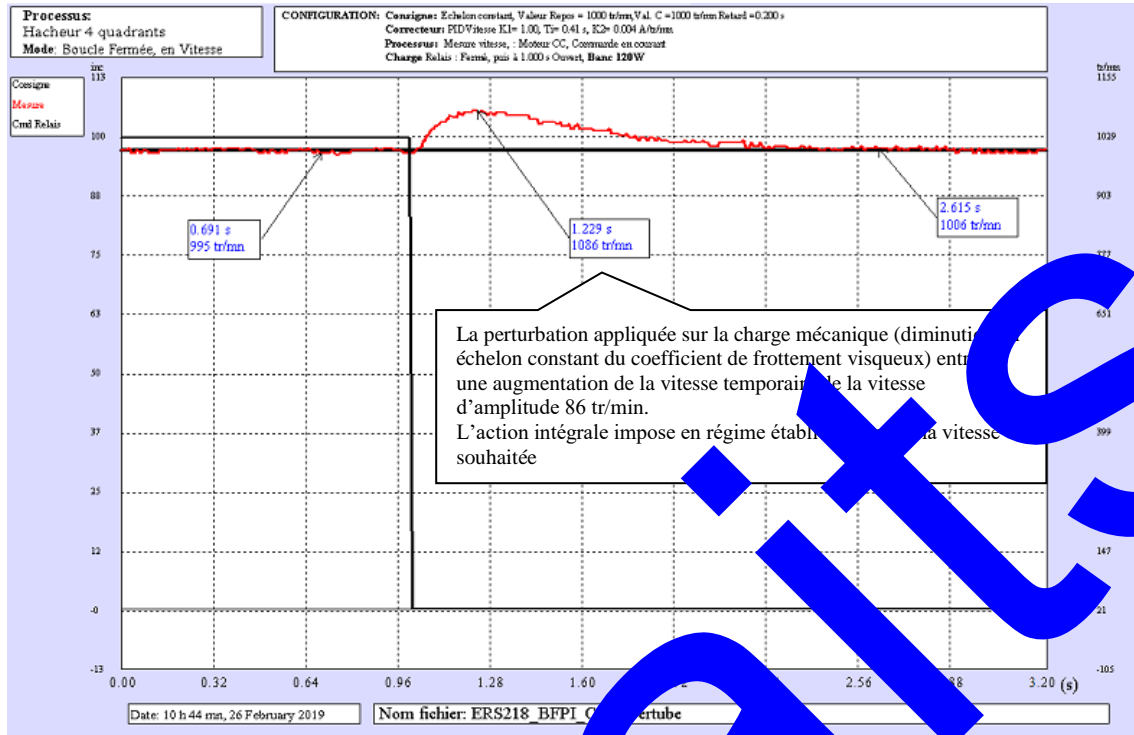
2.2.4. Influence de la valeur du coefficient d'action proportionnelle



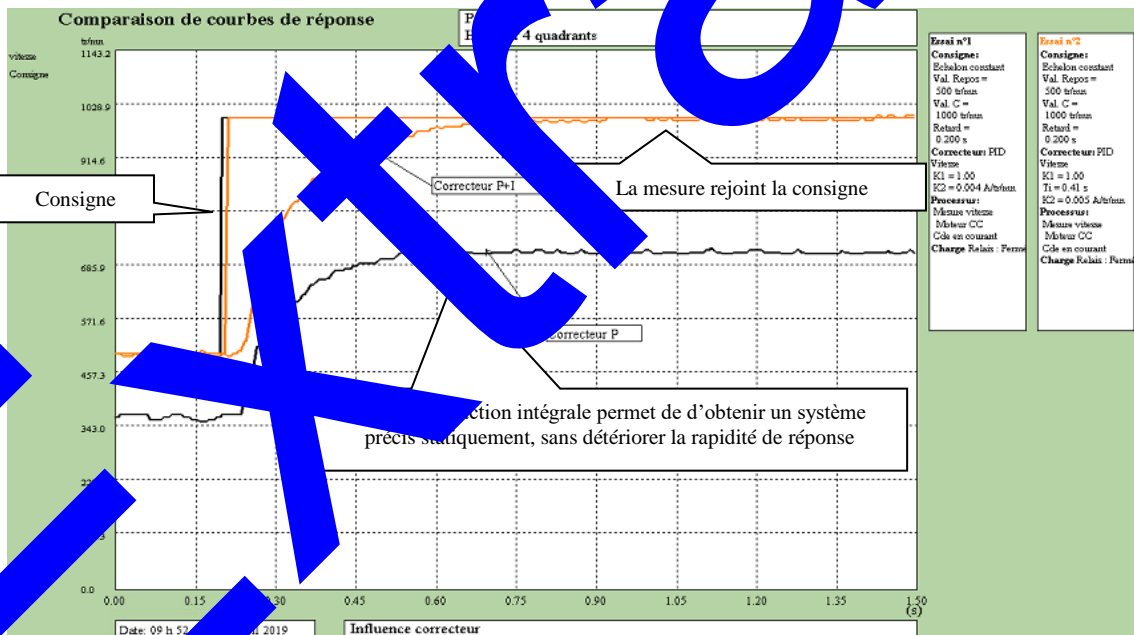
2.2.5. Recherche de la juste instabilité



### 2.2.6. Réponse à une perturbation sur la charge mécanique



### 2.3. Comparaison suivant type de correcteur



### 3. ETUDE AVEC COMMANDE DU MOTEUR EN TENSION

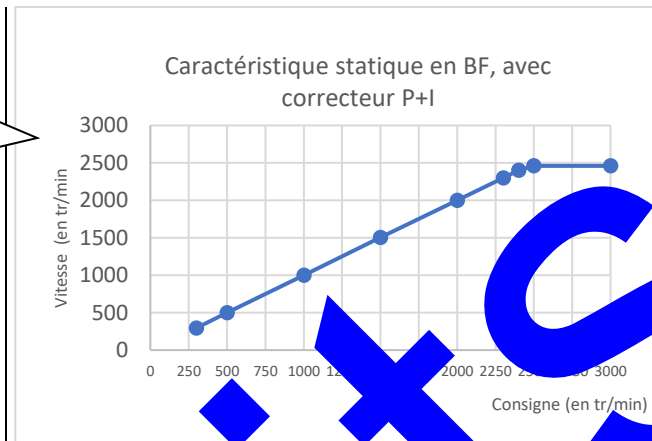
#### 3.1. Comportement en régime statique

Tableau des relevés

| C<br>(en tr/min) | N<br>(en tr/min) |
|------------------|------------------|
| 300              | 295              |
| 500              | 500              |
| 1000             | 1000             |
| 1500             | 1505             |
| 2000             | 2000             |
| 2300             | 2300             |
| 2400             | 2400             |
| 2500             | 2460             |
| 3000             | 2460             |

La valeur de saturation est toujours la même  
N<sub>Max</sub> = 2460 tr/min

Dans la partie linéaire, la vitesse est égale à la consigne :  
→ K<sub>F</sub> = 1  
On dit que le système est précis statiquement



#### 3.2. Comportement en régime dynamique

##### 3.2.1. Réponse à un échelon constant

Pour les valeurs prédéterminées des paramètres de k=0,038 % et T<sub>i</sub>=0,0045 s



Les pré-déterminations faites à partir du modèle d'ordre « 2 » ne donnent pas vraiment satisfaction, car le dépassement est nettement plus grand que prévu.

Pour obtenir des résultats plus satisfaisants, qui soient corroborés par l'expérimentation, il faut partir du modèle d'ordre « 3 » identifié lors du TP « BO2 »

$$\rightarrow FTBF \quad \Delta \varepsilon(p) = \frac{k \cdot \alpha_u}{\tau \cdot p \cdot (1 + \tau \cdot p)(1 + \tau' \cdot p)} \quad \rightarrow FTBF \quad F(p) = \frac{\Delta N(p)}{\Delta C(p)} = \frac{k \cdot \alpha_u}{k \cdot \alpha_u + \tau \cdot p \cdot (1 + \tau \cdot p)(1 + \tau' \cdot p)}$$

$$F(p) = \frac{\Delta N(p)}{\Delta C(p)} = \frac{1}{1 + \frac{\tau}{k \cdot \alpha_u} p + \frac{\tau^2 + \tau \cdot \tau'}{k \cdot \alpha_u} p^2 + \frac{\tau^2 \cdot \tau'}{k \cdot \alpha_u} p^3} \quad \xrightarrow{\text{A identifier à la forme canonique (avec } \xi_F = 0,5)} \quad = \frac{\Delta N(p)}{\Delta C(p)} = \frac{K_F}{\left(1 + \frac{1}{\omega_F} p + \frac{1}{\omega_F^2} p^2\right)(1 + \tau_F \cdot p)}$$

Par identification, on obtient un système de 3 équations pour 3 inconnues

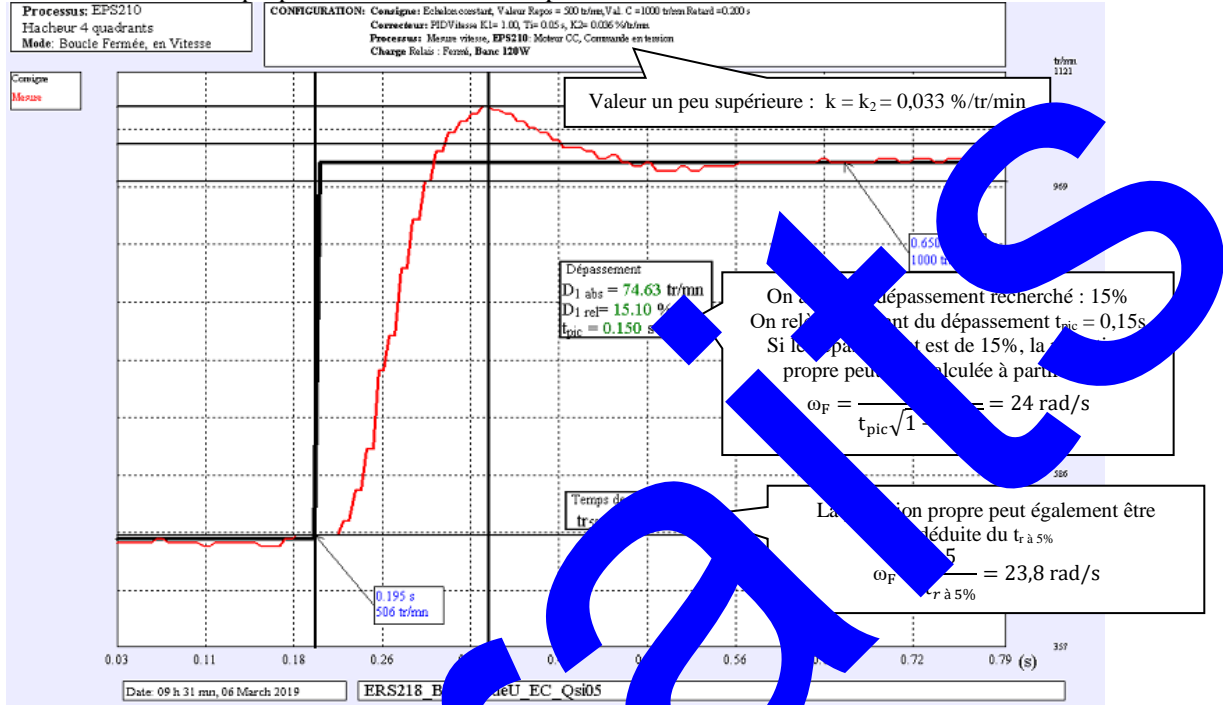
$$(1) \quad \frac{1}{\omega_F} + \tau_F = \frac{\tau}{k \cdot \alpha_u} \quad (2) \quad \frac{1}{\omega_F^2} + \frac{\tau_F}{\omega_F} = \frac{\tau^2 + \tau \cdot \tau'}{k \cdot \alpha_u} \quad (3) \quad \frac{\tau_F}{\omega_F^2} = \frac{\tau^2 \cdot \tau'}{k \cdot \alpha_u}$$

$$(1)/\omega_F = (2) \rightarrow \frac{1}{\omega_F} \cdot \frac{\tau}{k \cdot \alpha_u} = \frac{\tau^2 + \tau \cdot \tau'}{k \cdot \alpha_u} \rightarrow \omega_F = \frac{\tau}{\tau^2 + \tau \cdot \tau'} = \frac{1}{\tau + \tau'} \rightarrow k = \frac{\omega_F \cdot (\tau - \omega_F^2 \cdot \tau^2 \cdot \tau')}{\alpha_u} \quad \tau_F = \frac{\omega_F^2 \cdot \tau^2 \cdot \tau'}{k \cdot \alpha_u}$$

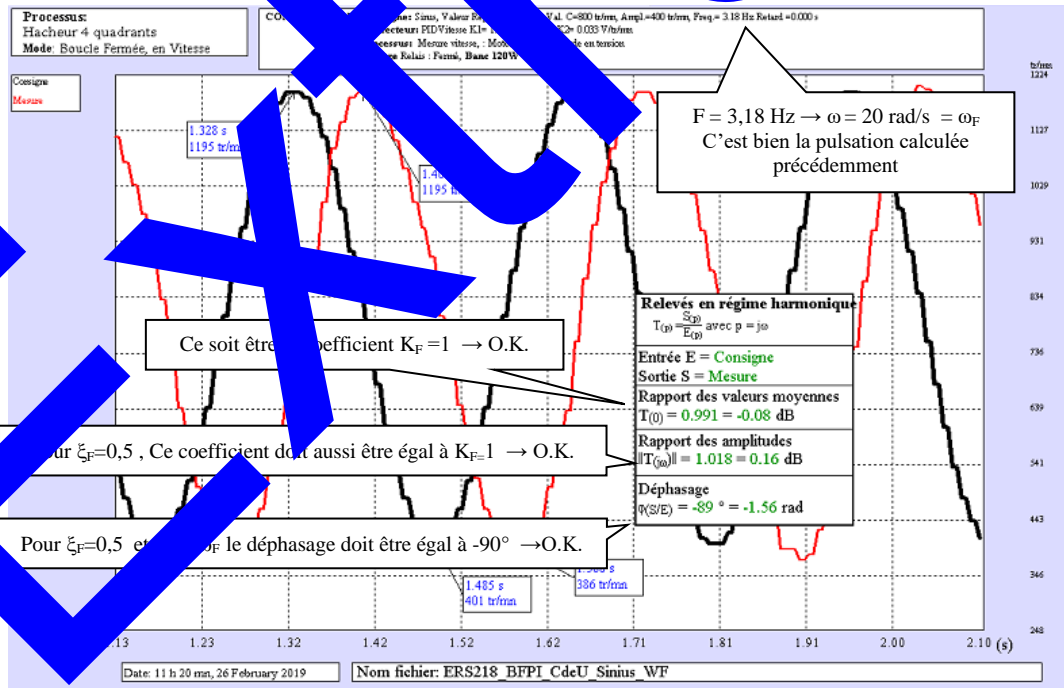
Application numérique d'après les résultats obtenus lors du TP « BO2 » :

$$\alpha_u = 26,5 \text{ tr/min/\%} \quad \tau = 0,0512 \text{ s} \quad \tau' = 0,0086 \text{ s} \rightarrow \omega_F = 16,7 \text{ rad/s} \quad k = 0,028 \text{ tr/min/\%} \quad \text{et} \quad \tau_F = 0,008 \text{ s}$$

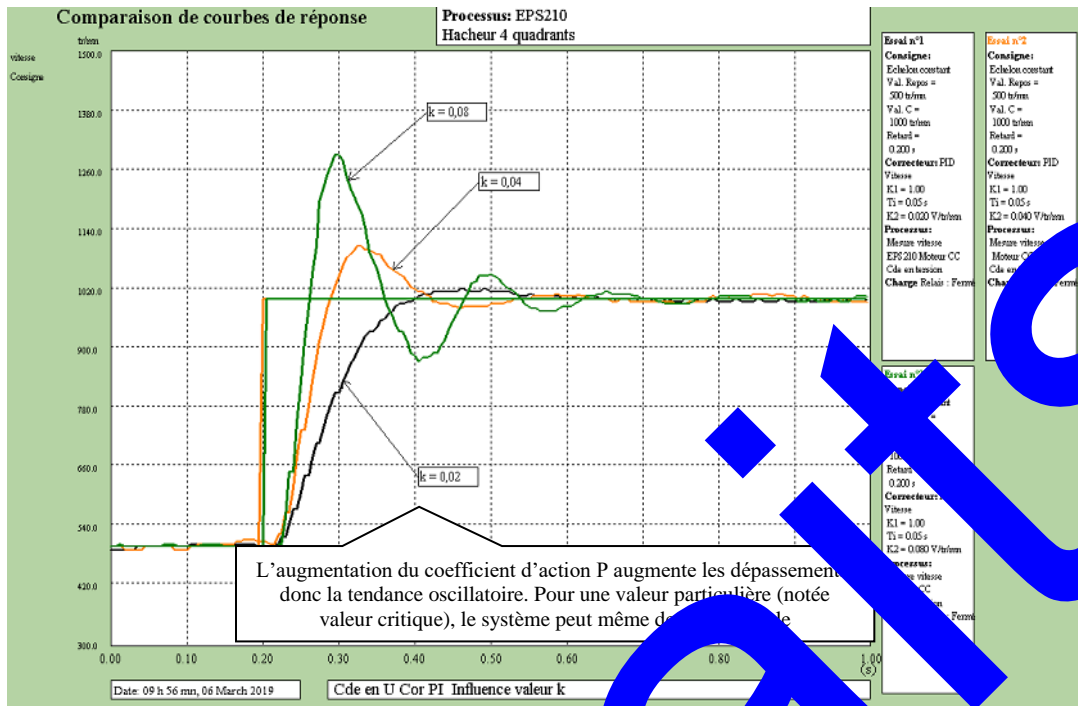
Recherche du coefficient k qui permette d'avoir un dépassement de 15%



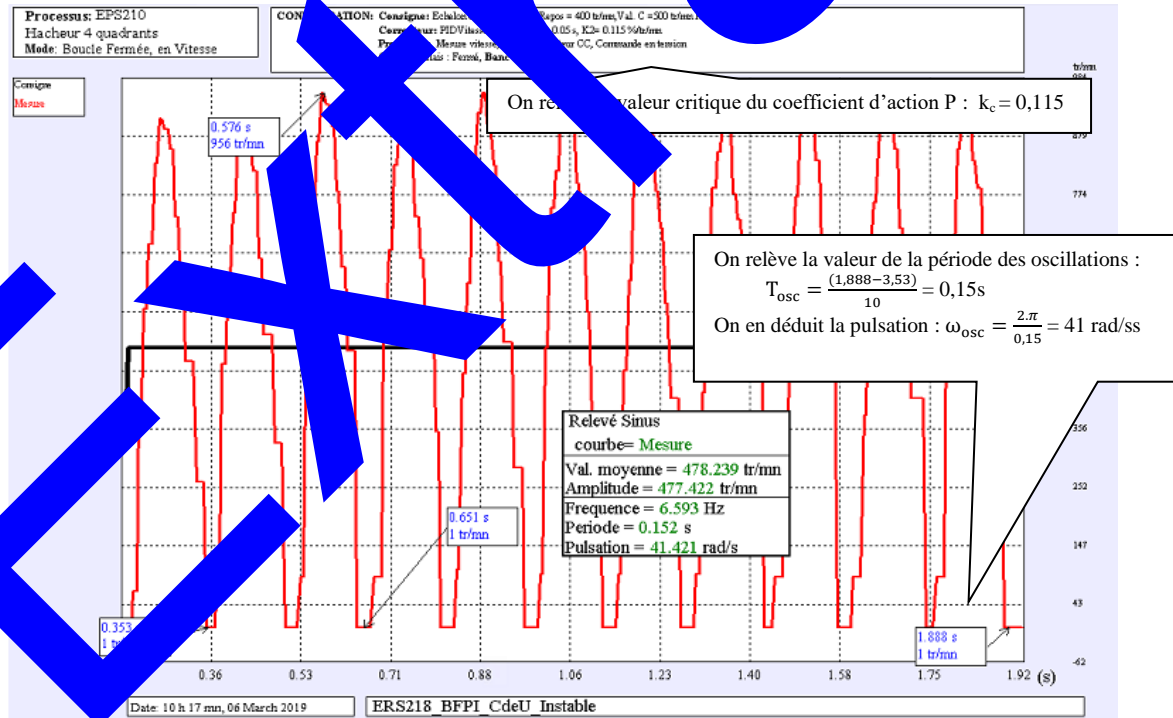
### 3.2.2. Comportement en régime sinusoïdal, à la pulsation propre $\omega = \omega_F$



### 3.2.3. Influence du coefficient d'action proportionnelle

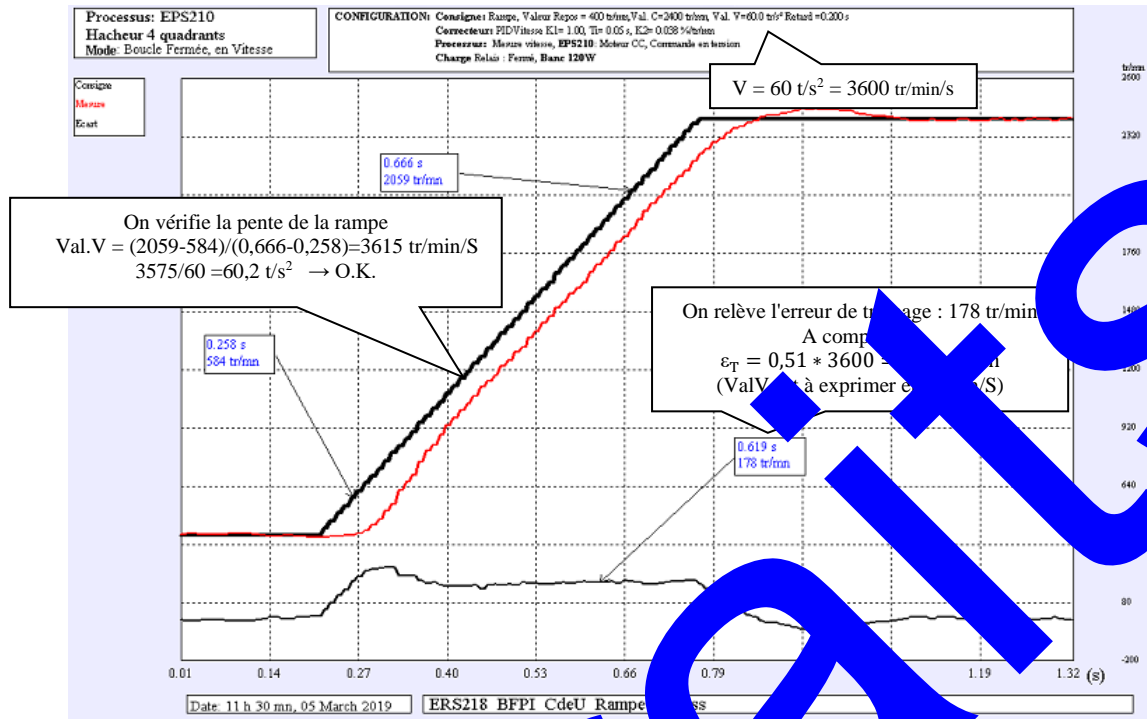


### 3.2.4. Recherche de la juste instabilité

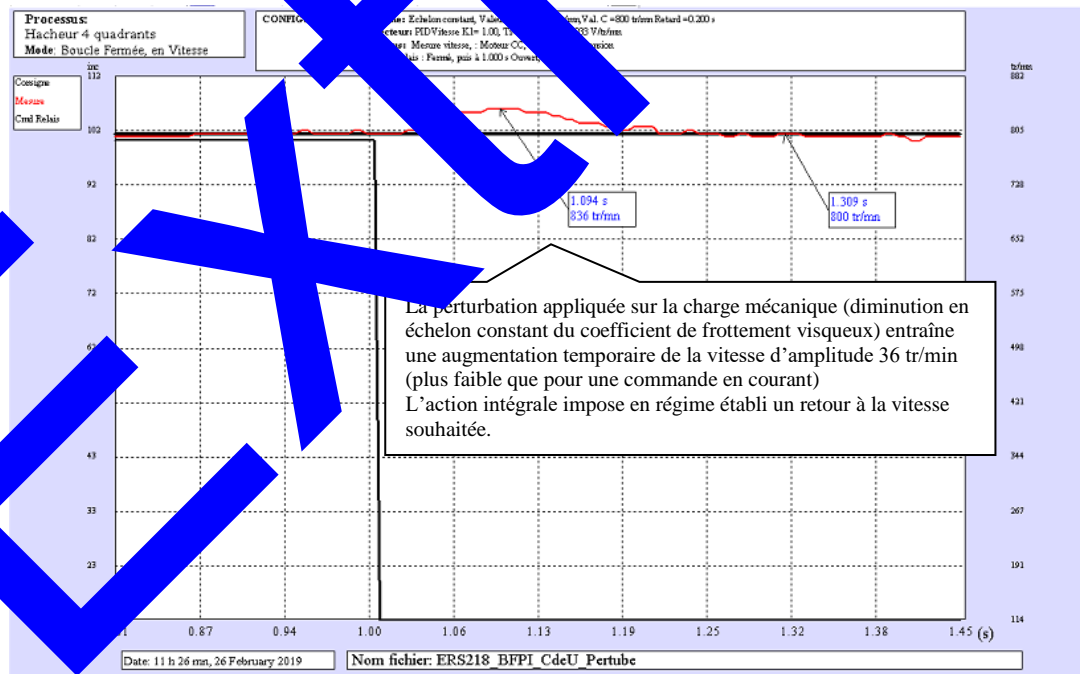




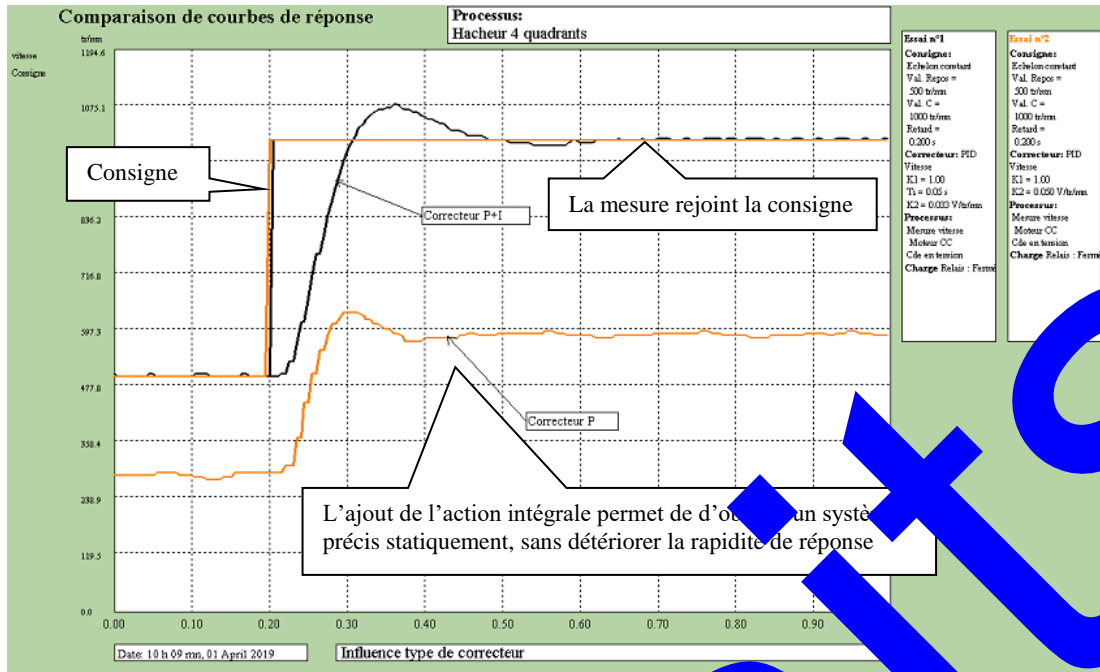
### 3.2.5. Réponse à une excitation en rampe limitée



### 3.2.6. Réponse à une perturbation de la charge mécanique

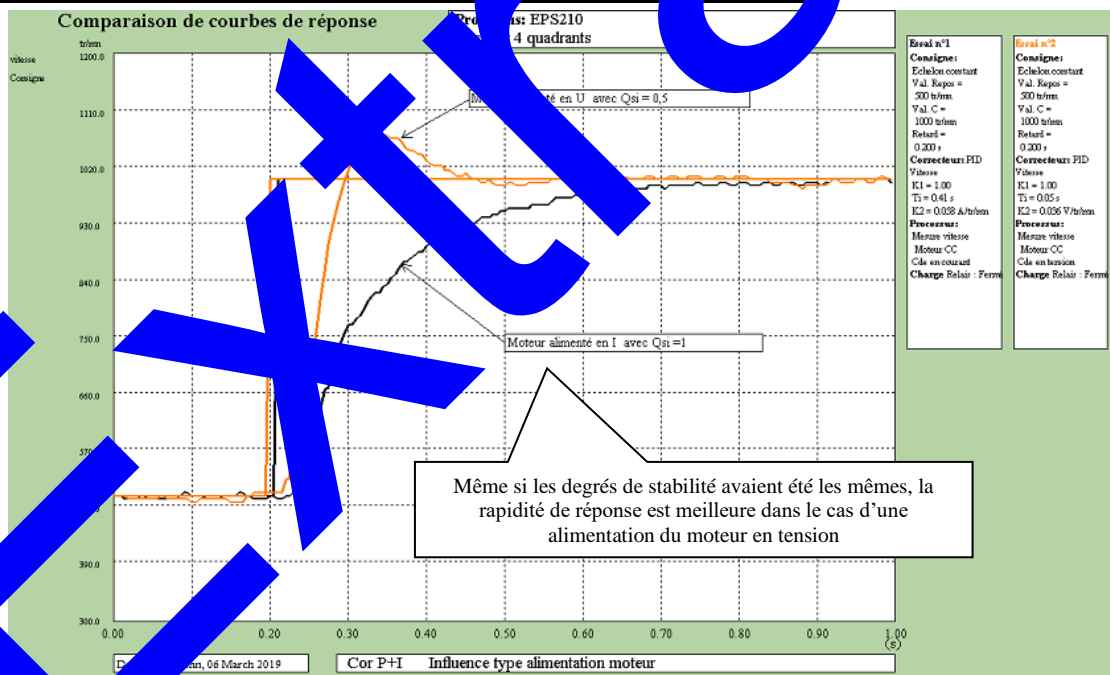


### 3.3. Comparaison suivant type de correcteur

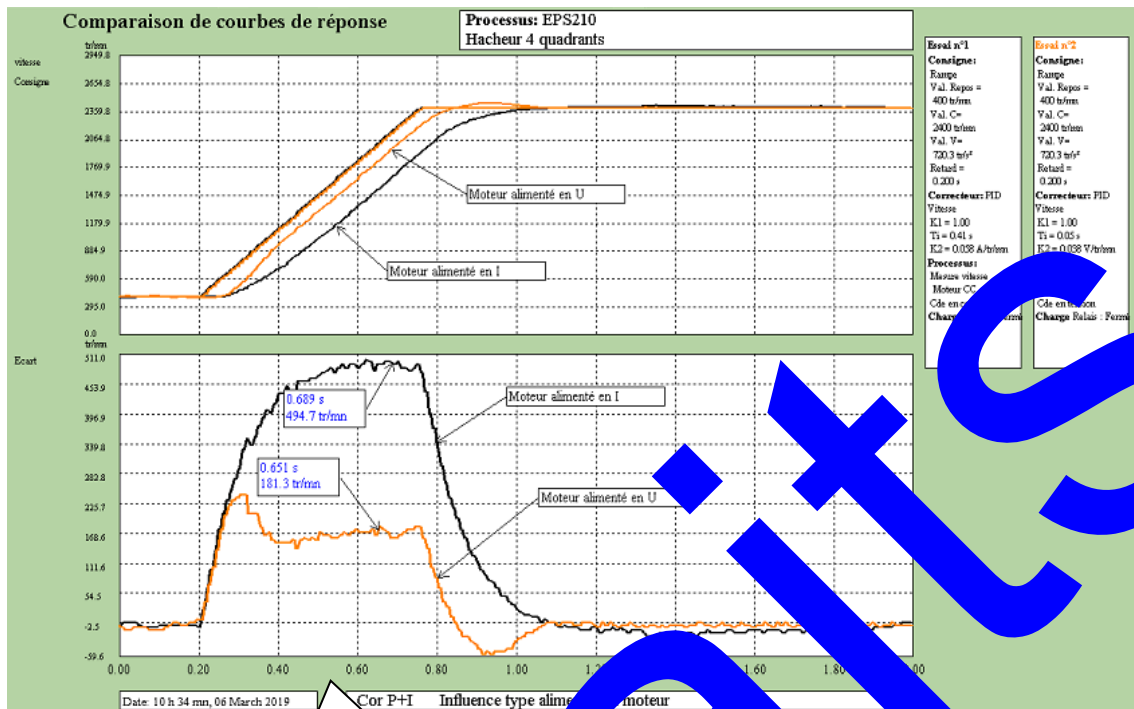


### 4. Etude comparative suivant type d'alimentation du moteur

#### 4.1. Influence sur la réponse à un échelon constant



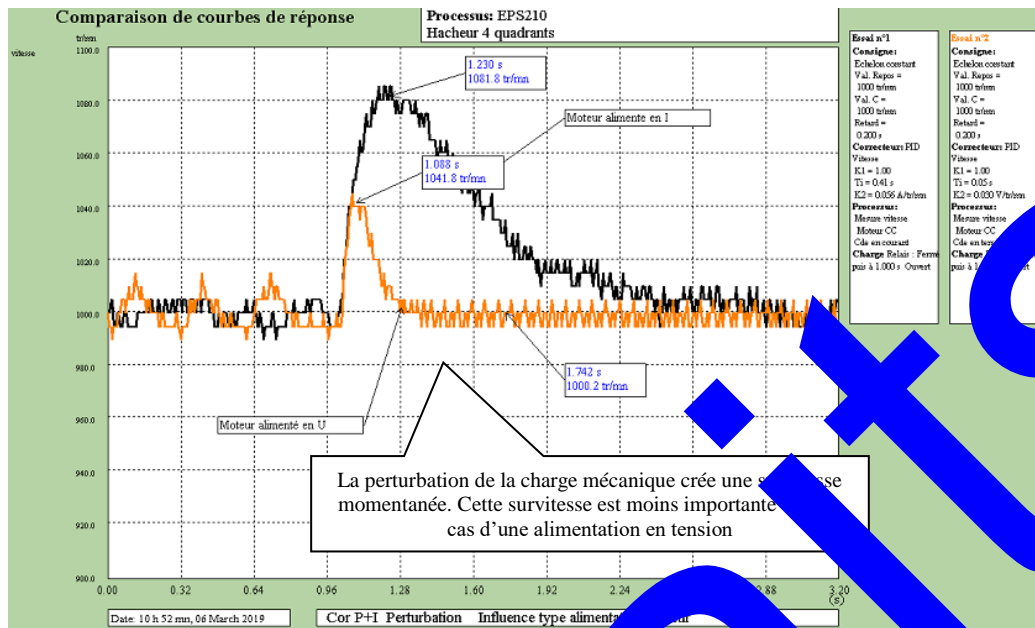
## 4.2. Influence sur la réponse à une rampe



Même si les degrés de stabilité avaient été les mêmes, l'erreur de traînage est plus faible dans le cas d'une alimentation du moteur en tension.

**EXTRAITS**

### 4.3. Influence sur le comportement suite à perturbation de charge



EXTRAITS

# RESSOURCES

## Ouvrage

Automatique : régulations et asservissements :  
Cours - Applications - Expérimentations - Prototypages  
(Coll. Automatique et productive)

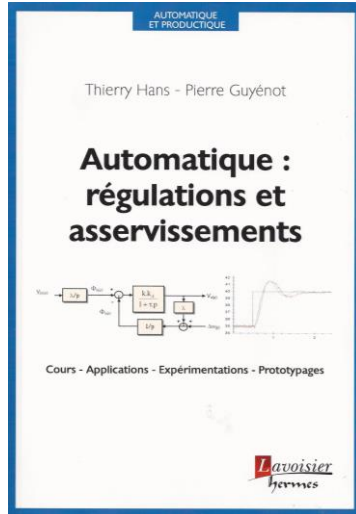
Auteurs : HANS Thierry, GUYÉNOT Pierre

Langue : Français

Date de parution : 06-2014

Ouvrage 305 p. - 16.4x24 cm - Broché

ISBN : 9782746246317



### Sommaire

#### PREMIERE PARTIE

Eléments de cours  
Exercices d'applications : énoncés – solutions

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCTION</b>   | <b>11</b> |
| 1.1. GENERALITES   | 11        |
| 1.2. CLASSIFICATIONS   | 12        |
| 1.3. CARACTERISATION DU COMPORTEMENT                           | 13        |
| 1.4. METHODOLOGIE ET OUTILS                                    | 18        |
| <b>2. LA TRANSFORMATION DE LAPLACE</b>                         | <b>20</b> |
| 2.1. DEFINITION  | 20        |
| 2.2. PROPRIETES  | 21        |
| 2.3. THEOREMES FONDAMENTAUX                                    | 22        |
| 2.4. EXERCICES D'APPLICATION                                   | 23        |
| <b>3. FONCTIONS DE TRANSFERT ET SCHEMA-BLOCS</b>               | <b>25</b> |
| 3.1. DEFINITIONS   | 25        |
| 3.2. FONCTION DE TRANSFERT EN BOUCLE FERMEE                    | 27        |
| 3.3. REPRESENTATIONS «A RETOUR UNITAIRE»                       | 27        |
| 3.4. INFLUENCE DU BOULAGE                                      | 28        |
| 3.5. SYSTEME SERVURSE  | 29        |
| 3.6. EXERCICE 3-1: COMMANDE EN COUPLE D'UN MECANISME J.F       | 29        |
| 3.7. EXERCICE 3-2: COMMANDE EN VITESSE D'UN MECANISME J.F      | 31        |
| <b>4. COMPORTEMENTS SUR LES REGIMES TRANSITOIRES</b>           | <b>35</b> |
| 4.1. DEFINITION  | 35        |
| 4.2. TENIR COMPTE DES CONDITIONS INITIALES                     | 35        |
| 4.3. REGIMES DE REGIMES TRANSITOIRES TYPQUES                   | 36        |
| 4.4. REGIME DYNAMIQUE ETABLI: REGIME HARMONIQUE                | 37        |
| EXERCICE 4 : REGIMES TRANSITOIRES SUR MECANISME J.F            | 39        |
| <b>5. SYSTEMES DU PREMIER ORDRE</b>                            | <b>43</b> |
| 5.1. DEFINITIONS   | 43        |
| 5.2. FONCTION DE TRANSFERT EN BOUCLE FERMEE A RETOUR UNITAIRE  | 43        |
| 5.3. COMPORTEMENT EN REGIME STATIQUE                           | 44        |
| 5.4. REPONSE A UNE ENTREE EN SCELON CONSTANT                   | 44        |
| 5.5. REPONSE A UNE ENTREE EN SCELON RAMPE                      | 46        |
| 5.6. REPONSE A UNE ENTREE SINUSOIDALE                          | 46        |
| 5.7. EXERCICE 5: REGULATION EXPERIMENTALE D'UN SERVO-MECANISME | 50        |
| 5.8. EXERCICE 6: REGULATION DE LA TEMPERATURE D'UN FOUR        | 55        |
| <b>6. SYSTEMES DU DEUXIEME ORDRE</b>                           | <b>59</b> |
| 6.1. DEFINITIONS   | 59        |
| 6.2. FONCTION DE TRANSFERT EN BOUCLE FERMEE A RETOUR UNITAIRE  | 59        |
| 6.3. COMPORTEMENT EN REGIME STATIQUE                           | 60        |
| 6.4. REPONSE A UNE ENTREE EN SCELON CONSTANT                   | 60        |
| 6.5. REPONSE A UNE ENTREE EN RAMPE                             | 67        |
| 6.6. REPONSE A UNE ENTREE SINUSOIDALE                          | 67        |
| 6.7. EXERCICE 7: REGULATION EN TEMPERATURE A RETOUR LOCAL      | 72        |
| <b>7. SYSTEMES DU PREMIER ORDRE AVEC INTEGRATION</b>           | <b>75</b> |
| 7.1. DEFINITIONS   | 75        |
| 7.2. FONCTION DE TRANSFERT EN BOUCLE FERMEE A RETOUR UNITAIRE  | 75        |
| 7.3. COMPORTEMENT EN REGIME STATIQUE                           | 76        |
| 7.4. REPONSE A UNE ENTREE EN SCELON CONSTANT                   | 76        |
| 7.5. REPONSE A UNE ENTREE SINUSOIDALE                          | 77        |
| 7.6. EXERCICE 7: ASSERVISSEMENT EN POSITION 1                  | 79        |

#### DEUXIEME PARTIE

Problèmes de synthèse  
Énoncés – solutions

|   |            |
|---|------------|
| <b>8. LIEN D'EVANS ET REGIMES TRANSITOIRES</b>                            | <b>81</b>  |
| 8.1. GENERALITES ET GENERALITES   | 81         |
| 8.2. GENERALITES  | 81         |
| 8.3. PRECISION EN RAMPE (DÉRIVÉE)   | 84         |
| 8.4. EXERCICES: ASSERVISSEMENT EN POSITION                                | 87         |
| <b>9. PRÉCISION D'UN S.A.L.C.</b>   | <b>91</b>  |
| <b>INTRODUCTION</b>   | <b>91</b>  |
| 9.1. EXPRESSIONS GÉNÉRALES  | 91         |
| 9.2. PRÉCISION STATIQUE   | 91         |
| 9.3. PRÉCISION EN RAMPE (DÉRIVÉE)   | 92         |
| 9.4. RÉCAPITULATIF: TABLEAUX  | 93         |
| 9.5. PRÉCISION DES SYSTÈMES PROPORTIONNELS                                | 94         |
| 9.6. Ex. 9: PRÉCISION DE POSITION D'UN SERVO-MECANISME A CHARGE PESANTE   | 95         |
| <b>10. PRÉCISION D'UN S.A.L.C.</b>  | <b>99</b>  |
| 10.1. GENERALITES SUR LE LA.F.T.B.O.                                      | 99         |
| 10.2. GENERALITES SUR LE LA.F. I.B.F.                                     | 100        |
| 10.3. EXERCICE 10: LES SYSTEMES DU 1 <sup>er</sup> ORDRE AVEC INTEGRATION | 103        |
| 10.4. EXERCICE 10: PRÉCISION D'UN SYSTEME DU 2 <sup>nd</sup> ORDRE        | 107        |
| <b>11. CORRECTION FONCTIONNELLE INTEGRALE SERVURSE (P.I.D.)</b>           | <b>109</b> |
| 11.1. EXPRESSIONS GÉNÉRALES   | 109        |
| 11.2. INFLUENCE DE LA COEFFICIENT EN BF D'UN CORRECTEUR P.                | 110        |
| 11.3. COMPORTEMENT ET INFLUENCE D'UN CORRECTEUR I. (INTEGRAL)             | 111        |
| 11.4. COMPORTEMENT ET INFLUENCE D'UN CORRECTEUR P.I.                      | 112        |
| 11.5. COMPORTEMENT ET INFLUENCE D'UN CORRECTEUR D. (DERIVÉE)              | 116        |
| 11.6. COMPORTEMENT ET INFLUENCE D'UN CORRECTEUR P.D.                      | 118        |
| 11.7. COMPORTEMENT ET INFLUENCE D'UN CORRECTEUR P.I.D.                    | 121        |
| 11.8. EXERCICE 11: CORRECTION FONCTIONNELLE D'UN SERVO-MECANISME          | 123        |
| <b>12. AUTRES METHODES DE CORRECTION DES S.A.L.C.</b>                     | <b>133</b> |
| 12.1. CORRECTION PAR PLACEMENT DES POLES DE LA FTBF                       | 133        |
| 12.2. CORRECTION CASCADÉE   | 134        |
| 12.3. CORRECTION PAR UN RETOUR LOCAL                                      | 134        |
| 12.4. CORRECTION PAR UN RETOUR LOCAL                                      | 139        |
| 12.5. CORRECTION PAR UN RETOUR LOCAL                                      | 144        |
| <b>13. REPERES PRACTIQUES DE CORRECTEURS</b>                              | <b>147</b> |
| 13.1. STRUCTURES DE CORRECTEURS P.I.D. DANS LE DOMAINE «CONTINU»          | 147        |
| 13.2. SYNTHÈSE DE CORRECTEURS DANS LE DOMAINE «DISCRET»                   | 148        |
| 13.3. TECHNIQUES D'INTERFACES AVEC LE PROCESSEUR                          | 154        |
| 13.4. EXERCICE 13: REGULATEUR NUMERIQUE A «TRANS D'ONDES»                 | 155        |
| <b>14. ASSERVISSEMENTS DE PHASE</b>                                       | <b>161</b> |
| 14.1. GENERALITES   | 161        |
| 14.2. FONCTIONS DE TRANSFERT ET SCHEMA-BLOCS                              | 161        |
| 14.3. EXERCICE 14: DEMODULATEUR FM  | 164        |
| <b>15. SYSTEMES A RETARD PUR OU «A TEMPS MORT»</b>                        | <b>169</b> |
| 15.1. COMPORTEMENT ET MODELISATION EN BO                                  | 169        |
| 15.2. COMPORTEMENT ET MODELISATION EN BF                                  | 171        |
| 15.3. CORRECTION AVEC COMPENSATION DU TEMPS MORT                          | 174        |
| 15.4. EXERCICE 15-1: ASSERVISSEMENT DE COURANT DANS UN INDUCTEUR          | 175        |
| 15.5. EXERCICE 15-2: ETUDE D'UNE REGULATION DE NIVEAU D'EAU               | 180        |
| <b>16. SYNTHÈSE PAR PROTOTYPAGE RAPIDE</b>                                | <b>187</b> |
| 16.1. METHODOLOGIE ET OUTILS  | 187        |
| 16.2. EXERCICE 16: PROTOTYPAGE D'UNE REGULATION DE DEBIT D'AIR            | 189        |
| <b>17. ASSERVISSEMENTS SUR POSTE DE DECOUPE</b>                           | <b>199</b> |
| BUT ET DESCRIPTION FONCTIONNELLE DU SYSTEME                               | 199        |
| ÉNONCÉ  | 201        |
| SOLUTION  | 202        |
| <b>18. REGULATION DE TEMPERATURE DE RECUIT</b>                            | <b>211</b> |
| BUT ET DESCRIPTION FONCTIONNELLE DU SYSTEME                               | 211        |
| ÉNONCÉ  | 213        |
| SOLUTION  | 214        |
| <b>19. ETUDE D'UN CAPTEUR DE VITESSE</b>                                  | <b>217</b> |
| BUT ET DESCRIPTION FONCTIONNELLE DU SYSTEME                               | 217        |
| ÉNONCÉ  | 218        |
| SOLUTION  | 220        |
| <b>20. ETUDE D'ASSERVISSEMENTS POUR 'FOLDER'</b>                          | <b>225</b> |
| BUT ET DESCRIPTION FONCTIONNELLE DU SYSTEME                               | 225        |
| 20.1. ASSERVISSEMENT VITESSE DU MOTEUR TRACTEUR                           | 227        |
| ÉNONCÉ  | 229        |
| SOLUTION  | 231        |
| 20.2. ASSERVISSEMENT POSITION DE LABALANCELLE                             | 235        |
| ÉNONCÉ  | 236        |
| SOLUTION  | 237        |
| <b>ANNEXES</b>  | <b>241</b> |
| 1- ABACQUES RELATIFS AUX SYSTEMES DU DEUXIEME ORDRE                       | 241        |
| 2- TABLES DE TRANSFORMES DE LAPLACE                                       | 245        |
| <b>INDEX</b>  | <b>249</b> |
| <b>GLOSSAIRE</b>  | <b>253</b> |



## Didacticiel gratuit « D\_CCA\_Eval »

### Objet

Le logiciel « D\_CCA » permet le **Contrôle** et la **Commande d'Applications** développées par la société **Didalab** dans le domaine des régulations et asservissements.

Le logiciel « D\_CCA\_Eval » a deux objectifs :

- ↳ Evaluer les possibilités du logiciel « D\_CCA » par l'exploitations d'enregistrements d'essais expérimentaux, préalablement effectués sur les applications « Didalab » et ce, sans y être relié ;
- ↳ reproduire les exploitations d'essais expérimentaux et de prototypages rapides développées dans l'ouvrage « **Automatique : régulations et asservissement** » écrit par T. Hans et P. Guyénot, ouvrage édités aux éditions « **Lavoisier** ».

### Téléchargement :

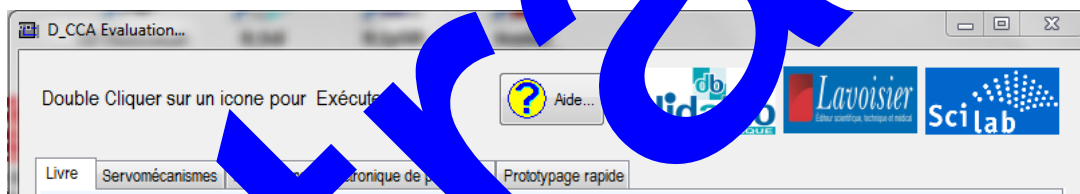
A partir du site : [www.didalab.fr/](http://www.didalab.fr/) **DIDALAB : Matériels Didactiques, Enseignement Technique et Supérieur**

Dans le menu « LE CATALOGUE GENERAL » Cliquer' sur « GENIE ELECTRIQUE » puis sur « Automatique » et enfin sur l'icône de téléchargement :



Une version d'évaluation gratuite de notre logiciel D\_CCA\_Eval de notre logiciel D\_CCA (Contrôle et Commande d'Applications) est téléchargeable sur notre site. Celle-ci permet au lecteur de découvrir tout le potentiel pédagogique de D\_CCA.

### Présentation :

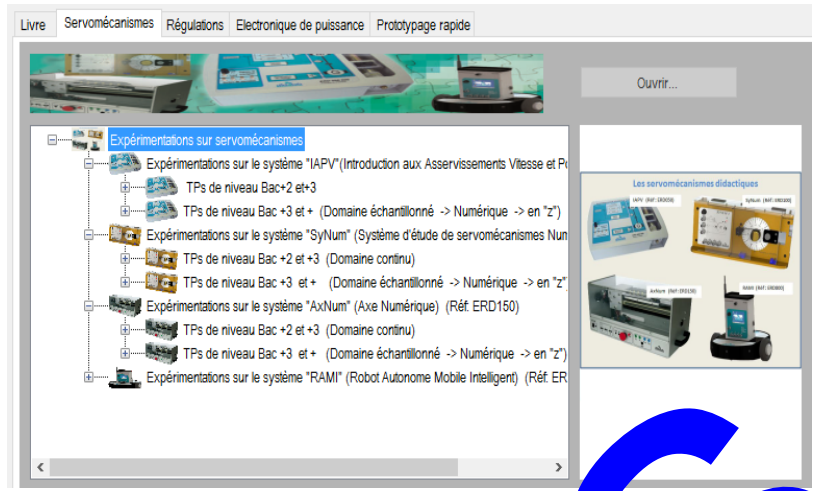


→ Le menu « Livres »

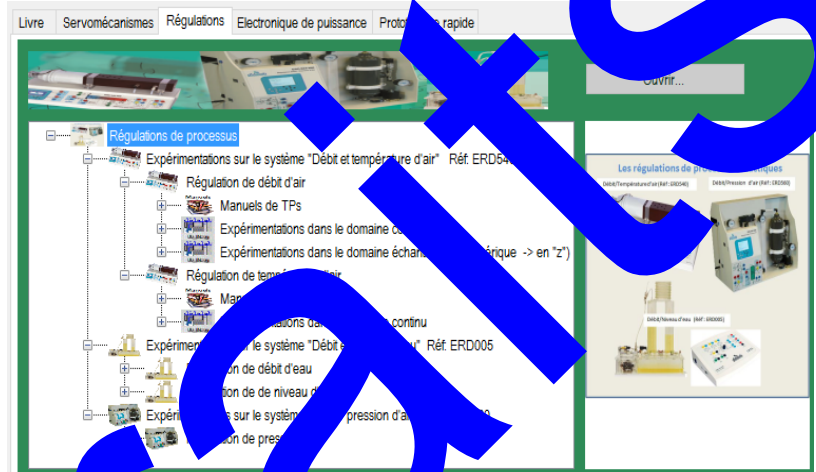


EXTRA

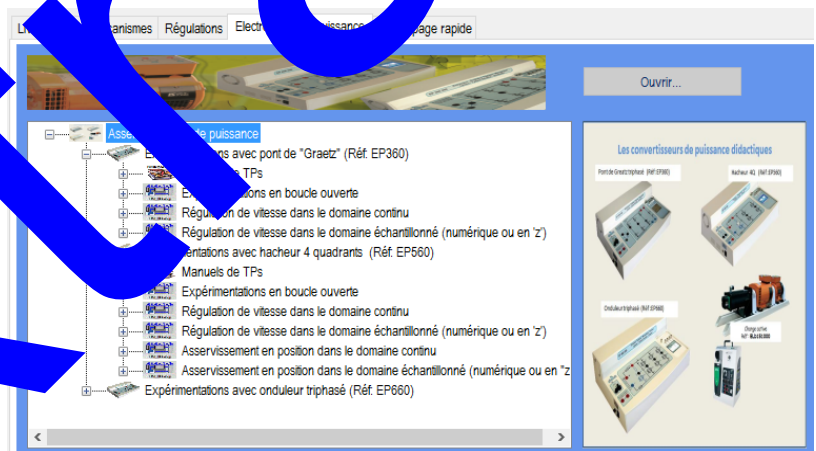
→ Le menu « Servomécanismes »



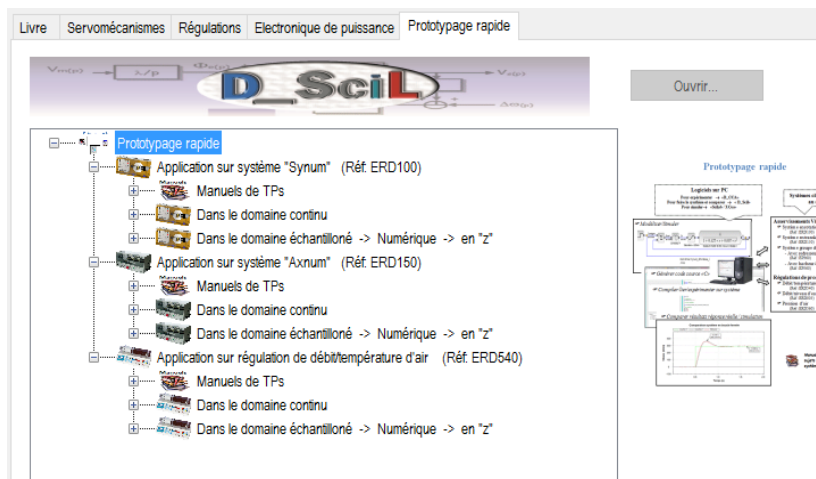
→ Le menu « Régulations »



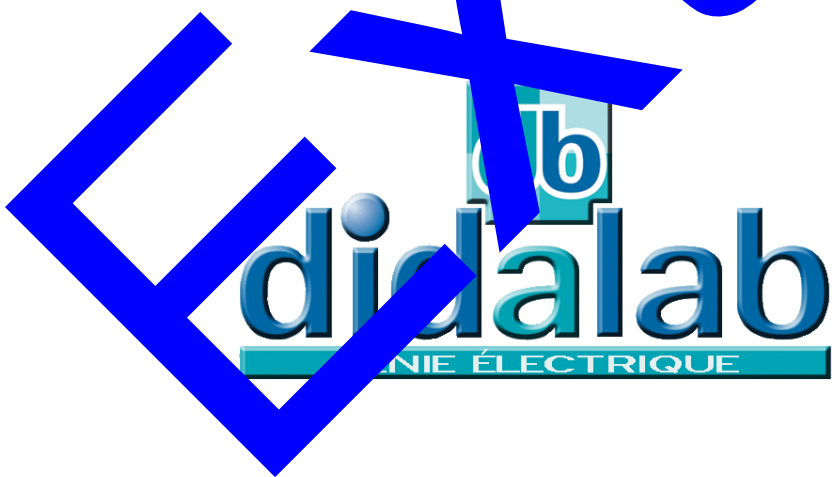
→ Le menu « Elec de puissance »



→ Le menu « Prototypage rapide »



EXTRA



**didalab**

Z.A. de la Clef Saint-Pierre  
5, rue du Groupe Manoukian  
78990 ELANCOURT  
FRANCE



**(33) 1 30 66 08 88**  
Du lundi au vendredi  
de 9h à 12h30  
et de 14h à 18h



Fax: (33)1 30 66 72 20



**www.didalab.fr**  
E-mail: didalab@didalab.fr