

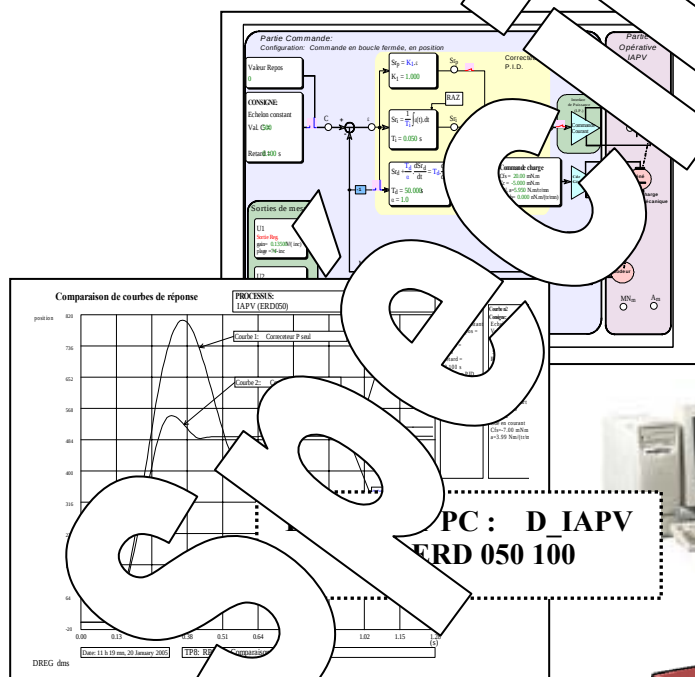
# Manuel de Travaux pratiques de niveau 1

→ sur système IAPV

Introduction aux Asservissements de Vitesse et de Position

- COMPTE-RENDUS -

Atelier électromécanique  
Réf: ERD 050 000



PC : D\_IAPV  
ERD 050 100



## Manuels de Travaux pratiques sujets et Compte-rendus

De niveau 1 (Bac)

ERD 050 030 Manuel Sujets (5 sujets 30 pages)

**ERD 050 020 Manuel Compte-rendus (32 pages)**

De niveau 2 (STS; IUT; Ingénieur)

ERD 050 050 Manuel Sujets (10 sujets 66 pages)

ERD 050 040 Manuel Compte-rendus (94 pages)

De niveau 3 (Domaine numérique échantillonné)

ERD 050 070 Manuel Sujets (6 sujets 50 pages)

ERD 050 060 Manuel Compte-rendus (78 pages)

Spécimen

**SOMMAIRE:**

| <i>Référence</i> | <i>Contenu</i>                                                    | <i>Page</i> |
|------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------|
| TP1-1_BO         | Identification en Boucle ouverte                                  | 5           |
| TP1-2_RVP        | Régulation de Vitesse avec correction Proportionnelle             | 11          |
| TP1-3_RVPI       | Régulation de Vitesse avec correction Proportionnelle + Intégrale | 15          |
| TP1-4_RPP        | Régulation de Position avec correction Proportionnelle            | 19          |
| TP1-5_RPPD       | Régulation de Position avec correction Proportionnelle + Dérivée  | 25          |

Page laissée volontairement vierge

Spécimen

## 1. CARACTERISATION EN REGIME STATIQUE

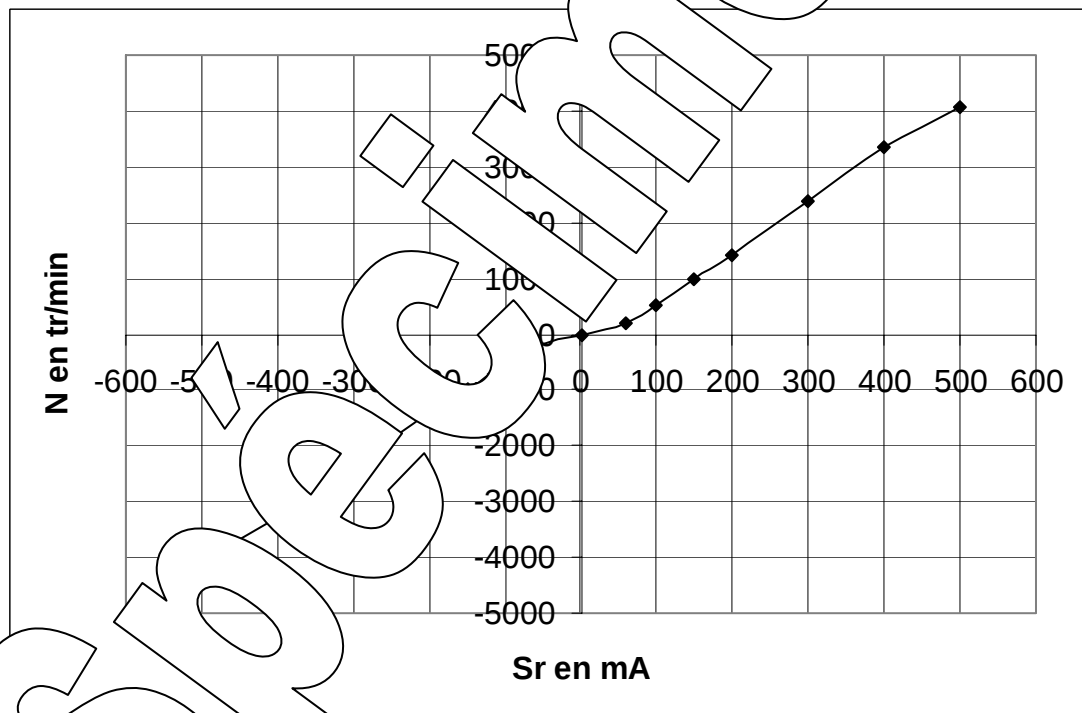
### 1.1. Relevés expérimentaux

Conditions de l'essai:  $C_{sf} = -4 \text{ mN.m}$  puis  $C_{sf} = -7 \text{ mN.m}$   $\alpha = 4 \mu\text{N.m/tr/min}$

☞ Tableau des valeurs:

| Sr<br>en mA    | -500  | -400  | -300  | -200  | -100 | 0 | 100 | 200  | 300  | 400  | 500  |
|----------------|-------|-------|-------|-------|------|---|-----|------|------|------|------|
| N<br>en tr/min | -4086 | -3287 | -2334 | -1382 | -492 | 0 | 522 | 1113 | 1706 | 3349 | 4055 |

☞ Tracer la caractéristique de transfert statique:  $N(Sr)$



et de  $C_{sf}$  voisinage de 0 qui montre que pour  $C_{sf} = -7 \text{ mN.m}$  le frottement sec est quasiment compensé. En fait, il faudrait choisir  $C_{fs} = C_s = -7,3 \text{ mN.m}$  pour obtenir une compensation totale.

Dans les courbes croissantes de la vitesse, les pentes sont identiques (coefficient directeur " $\alpha$ ").

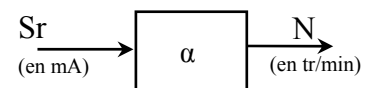
### 1.2. Exploitation:

☞ Si on suppose le frottement sec parfaitement compensé,

on en déduit le coefficient de transfert statique:

$$\alpha = \frac{\Delta N}{\Delta S_r} \approx 9 \text{ tr/min/mA}$$

et le schéma bloc statique:



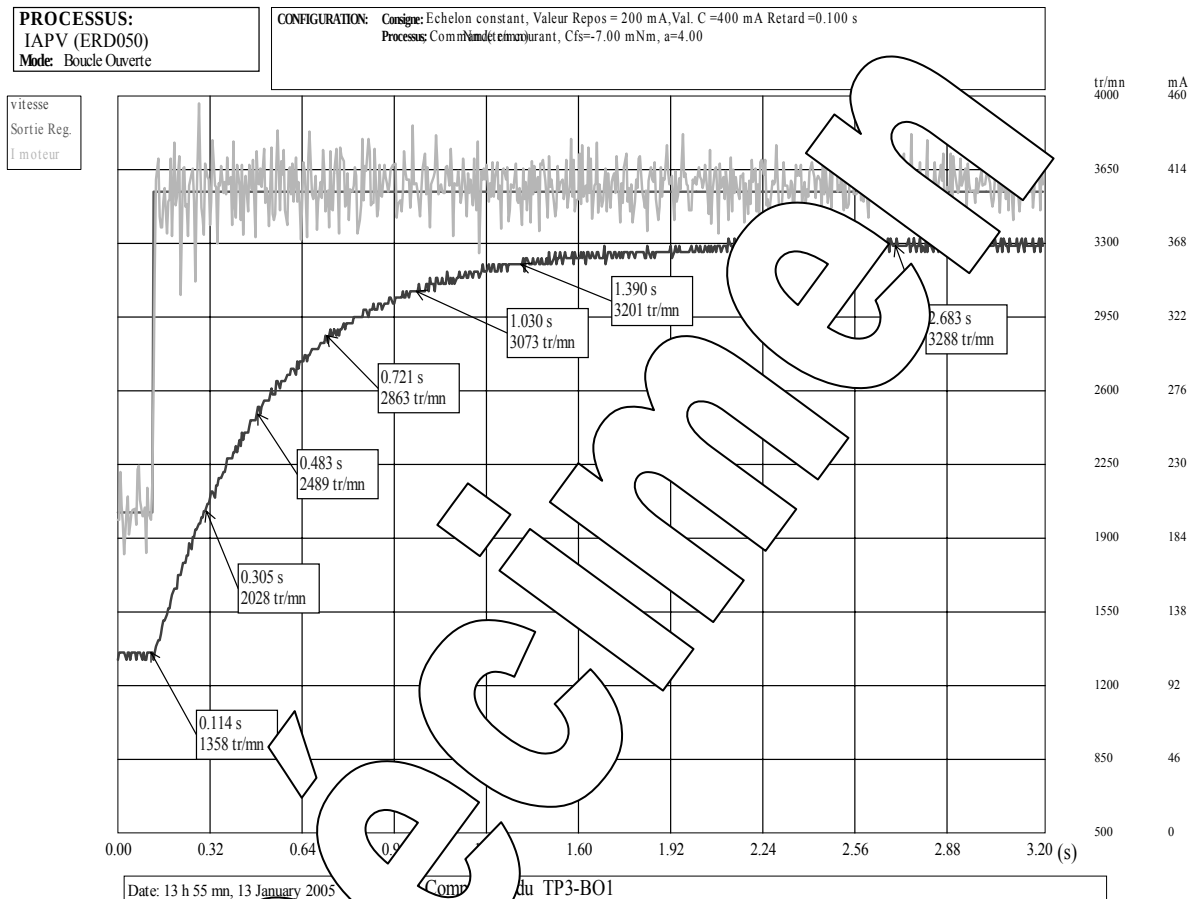
## 2. CARACTERISATION EN REGIME DYNAMIQUE

### 2.1. Réponse à un échelon constant

#### 2.1.1. Relevé expérimental

Partant d'un état de repos avec  $S_r = 200 \text{ mA}$ , on applique un échelon de commande constant de valeur  $S_r = 400 \text{ mA}$ . L'instant où est appliqué l'échelon est pris comme origine des temps.

Conditions de l'essai :  $C_{sf} = -7 \text{ m.N.m}$  et  $a = 4 \text{ } \mu\text{N.m/tr/min}$



DREG dms

Remarque:

- On vérifie le respect de l'application de l'échelon:  $t_r = 0,1 \text{ S}$
- On vérifie de l'impact de la force impose bien le courant dans l'induit ( $I_{\text{moteur}} = S_r$ )
- On vérifie  $N(0) = 1358$
- On vérifie les constantes de temps  $\tau$  environ 0,2 S

|        |   |       |      |      |      |          |
|--------|---|-------|------|------|------|----------|
|        | 0 | 0,19  | 0,37 | 0,61 | 0,92 | $\infty$ |
| $N(t)$ |   | 2028  | 2489 | 2863 | 3073 | 3288     |
| $\tau$ |   | 0,445 | 0,42 | 0,4  | 0,42 |          |

On calcule:

$$\tau = \frac{t - t_r}{\ln \left[ \frac{N(\infty) - N(0)}{N(\infty) - N(t)} \right]}$$

(Formule de la décroissance exponentielle)

#### 2.1.2. Exploitation:

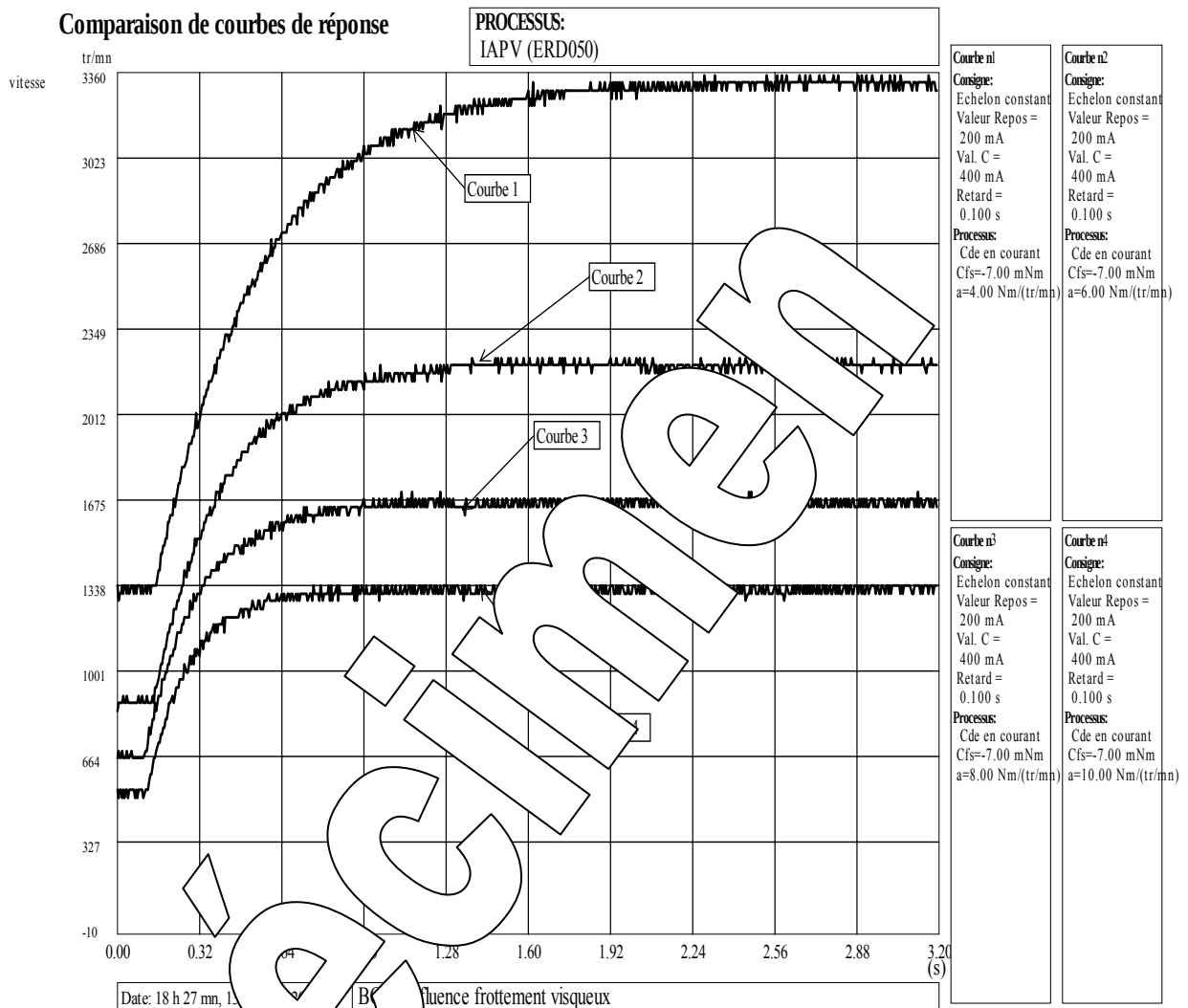
On pourra admettre une constante de temps égale à :

$$\tau_1 = 0,42 \text{ S}$$

et le rapport statique:  $\alpha = \frac{\Delta N}{\Delta S_r} = \frac{3288 - 1358}{400 - 200} \approx 9,6 \text{ tr/min/mA}$

### 2.1.3. Etude de l'influence du coefficient de frottement visqueux

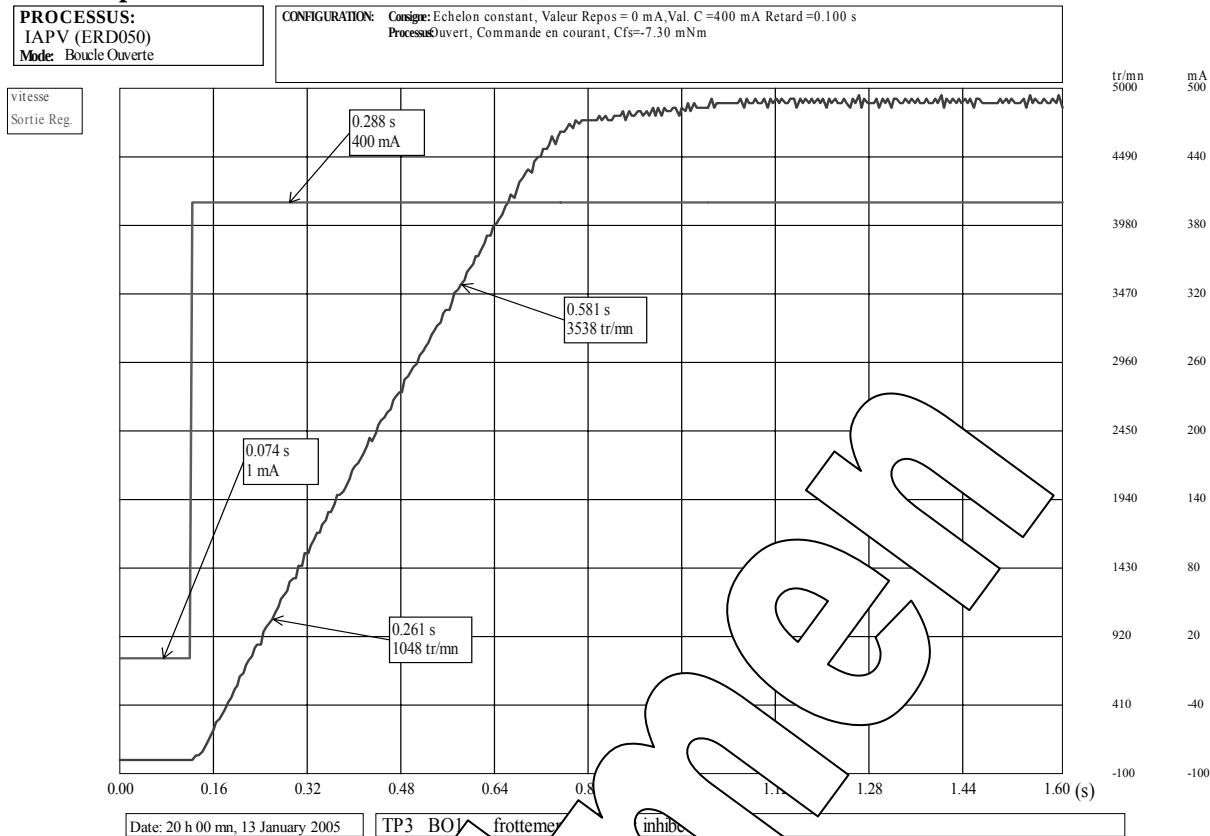
Courbes de réponses obtenues pour les valeurs de  $a = 4$ ; puis 6; puis 8 et enfin 10  $\mu\text{N.m/tr/min}$  avec le frottement sec bien compensé ( $C_{fs} = -7 \text{ m.N.m}$ ).



On relève les courbes suivantes :

|                   | 4    | 6    | 8    | 10   |
|-------------------|------|------|------|------|
| $N_{\infty}$      | 3311 | 2222 | 1683 | 1365 |
| $\tau$            | 0,39 | 0,26 | 0,2  | 0,16 |
| $N_{\infty} \tau$ | 8490 | 8546 | 8415 | 8531 |

On constate qu'une augmentation du frottement visqueux entraîne une diminution de la vitesse finale ainsi que de la constante de temps. En fait ces deux grandeurs sont inversement proportionnelle au coefficient de frottement fluide. Ce qui est montré par le rapport  $N_{\infty}/\tau = \text{Constante}$ .

**Relevé expérimental avec  $a = 0$  et  $C_{sf} = -7,3 \text{ m.N.m}$ .**

Le courant étant constant, le couple moteur est constant et ne sert qu'à accélérer la charge mécanique.

$$\Sigma(C_{(t)}) = j \cdot d^2\theta/dt^2 = j \cdot d\omega/dt = km \cdot d\omega/dt = J \cdot (2\pi/60) dN/dt$$

La montée en vitesse est donc linéaire et on peut trouver le coefficient d'inertie:  $J = (60 \cdot km \cdot Im / 2\pi) \Delta t / \Delta N$

$$J = \frac{60 \cdot 42,4 \cdot 10^{-6} \cdot 400}{2\pi} \cdot \frac{0,581 - 0,261}{3538 - 1048} = 1,76 \cdot 10^{-6} \text{ Kg.m}^2$$

Lorsque la vitesse atteint la valeur nominale ( $v_n$  à vide), l'accélération se termine (le courant ne peut plus être asservi et le fonctionnement est en régime permanent).

## 2.2. Comportement régime sinusoïdal

### 2.2.1. Relevé expérimental

Etude du comportement en régime sinusoïdal de  $S_{r(t)} = S_{r0} + S_{rM} \cdot \sin(\omega \cdot t)$

#### Conditions de l'essai

- Caractéristique:  $C_{sf} = -7,3 \text{ m.N}$  et  $a = 4 \mu\text{N.m/tr/min}$

$S_{r0}$  pour moyenne,

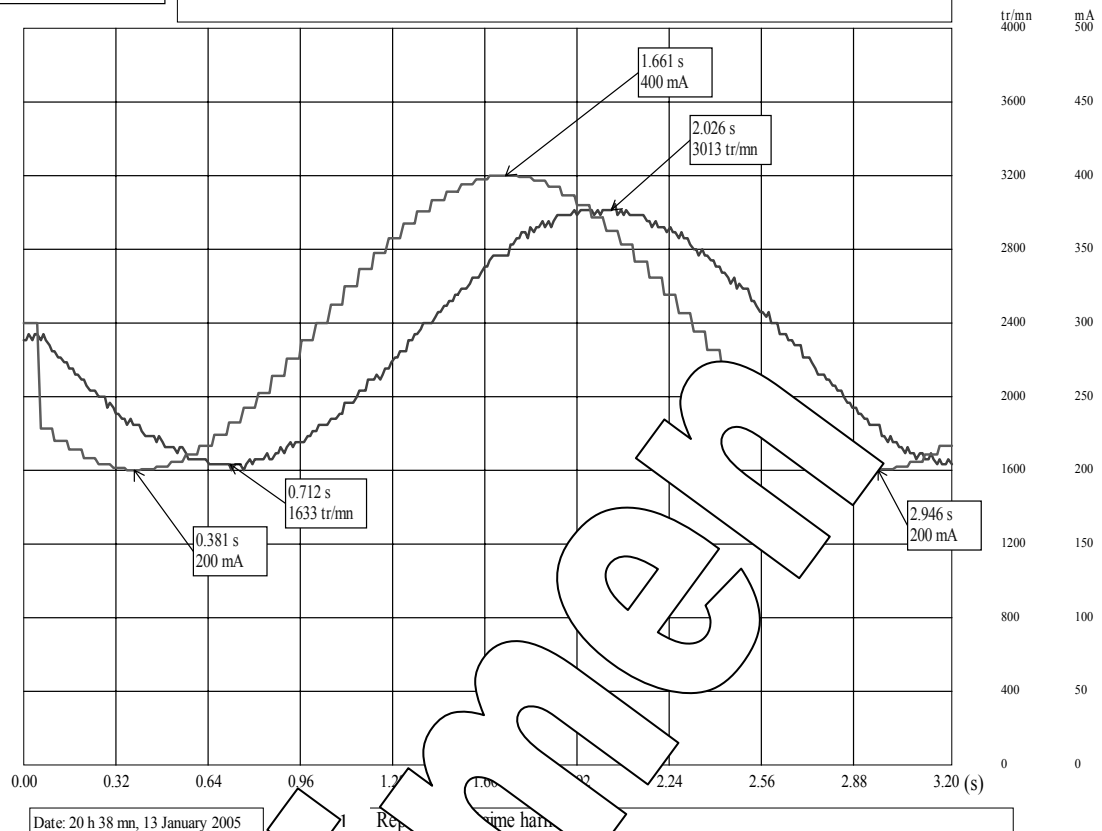
Amplitude  $S_{rM}$  pour l'amplitude de la composante sinusoïdale,

La fréquence  $\omega = 1/\tau_1 \rightarrow F = 1/(2\pi \cdot \tau_1) = 0,38 \text{ Hz}$

**PROCESSUS:**  
IAPV (ERD050)  
**Mode:** Boucle Ouverte

**CONFIGURATION:** Consigne: Sinus, Valeur Repos = 300 mA, Val. C=300 mA, Ampl.=100 mA, Freq.= 0.380 Hz Retard=0.000 s  
Processus: Ouvert, Non limité en courant, Cfs=-7.00 mNm, a=3.99

vitesse  
Sortie Reg.



On peut effectuer les vérifications suivantes :

- Coefficient de transfert statique (en tr/min/mA) :

$$\frac{N_{\text{Max}} + N_{\text{Min}}}{S_{r\text{Max}} + S_{r\text{Min}}} = \alpha ? \rightarrow \frac{3333 + 200}{400 + 200} = 7,74 \text{ tr/min/mA} \quad \text{à comparer avec } 8,2$$

- Rapport des amplitudes à la pulsation :

$$\frac{N_{\text{Max}} - N_{\text{Min}}}{S_{r\text{Max}} - S_{r\text{Min}}} = \frac{1333 - 200}{400 - 200} = 6,9 \text{ tr/min/mA} \quad \text{à comparer à } 7,74/1,414 = 6,8$$

- Le déphasage :

$$\varphi_{(N/Sr)} = -\pi / 45^\circ = -(2,026 - 1,66) \cdot 0,38 \cdot 360 = -50^\circ$$

Page volontairement vierge

Spécimen

## 1. CARACTERISATION EN REGIME STATIQUE

### 1.1. Relevés expérimentaux

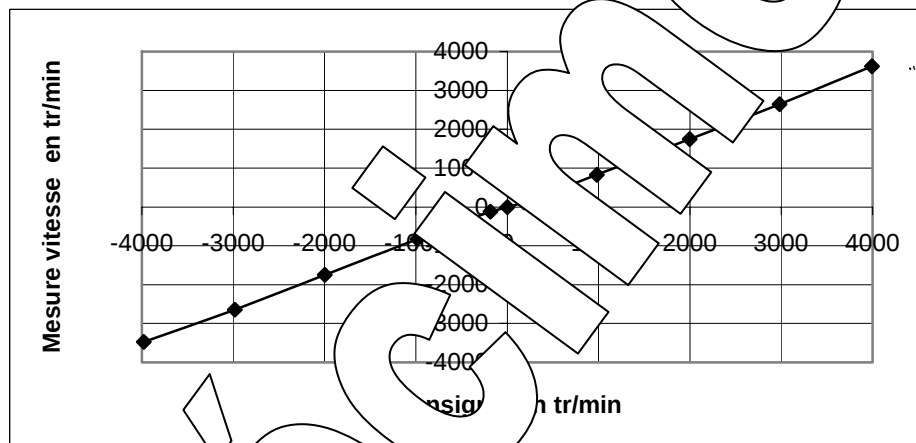
#### Conditions de l'essai et mode opératoire:

- La caractéristique de charge:  $Csf = -7 \text{ m.N.m/tr/min}$  et  $a = 4 \mu\text{N.m/tr/min}$

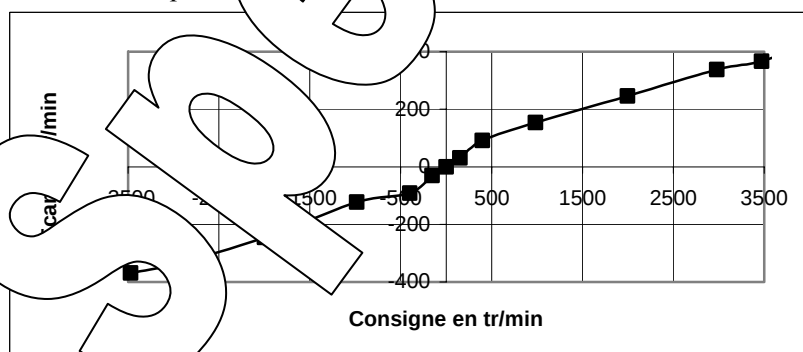
☞ Tableau de mesures ci-dessous:

|                 |       |       |       |      |      |   |     |      |      |      |
|-----------------|-------|-------|-------|------|------|---|-----|------|------|------|
| C en tr/min     | -3472 | -2980 | -1997 | -983 | -154 | 0 | 997 | 2980 | 3994 |      |
| Nm →N en tr/min | -3103 | -2642 | -1751 | -860 | -123 | 0 | 829 | 1751 | 2642 | 3625 |
| ε = C - N       | -369  | -338  | -246  | -123 | -7   | 0 | 168 | 246  | 338  | 430  |

☞ Caractéristique de transfert statique:  $N = f(C)$



☞ Caractéristique de compensation statique



L'écart statique croît proportionnellement à la consigne.  
Les points au voisinage de 0 ne sont pas significatifs car il proviennent de la compensation du frottement sec qui n'est pas parfaite

### 1.2. Exploitation, schéma bloc statique:

☞ Equations des 2 portions de droites:

pour  $N > 0 \rightarrow N = 0,91.C - 10 \text{ en tr/min}$

pour  $N < 0 \rightarrow N = 0,91.C + 10 \text{ en tr/min}$

La caractéristique présente encore une petite portion à  $N=0$  au voisinage de  $C=0$ , même si celle-ci s'est nettement réduite. Avec  $Cfs = -7 \text{ m.N.m/A}$  le frottement sec n'est pas encore totalement compensé. D'après le compte rendu du TP "BO", il faudrait choisir  $Cfs = -7,3 \text{ m.N.m}$  pour obtenir une compensation totale.

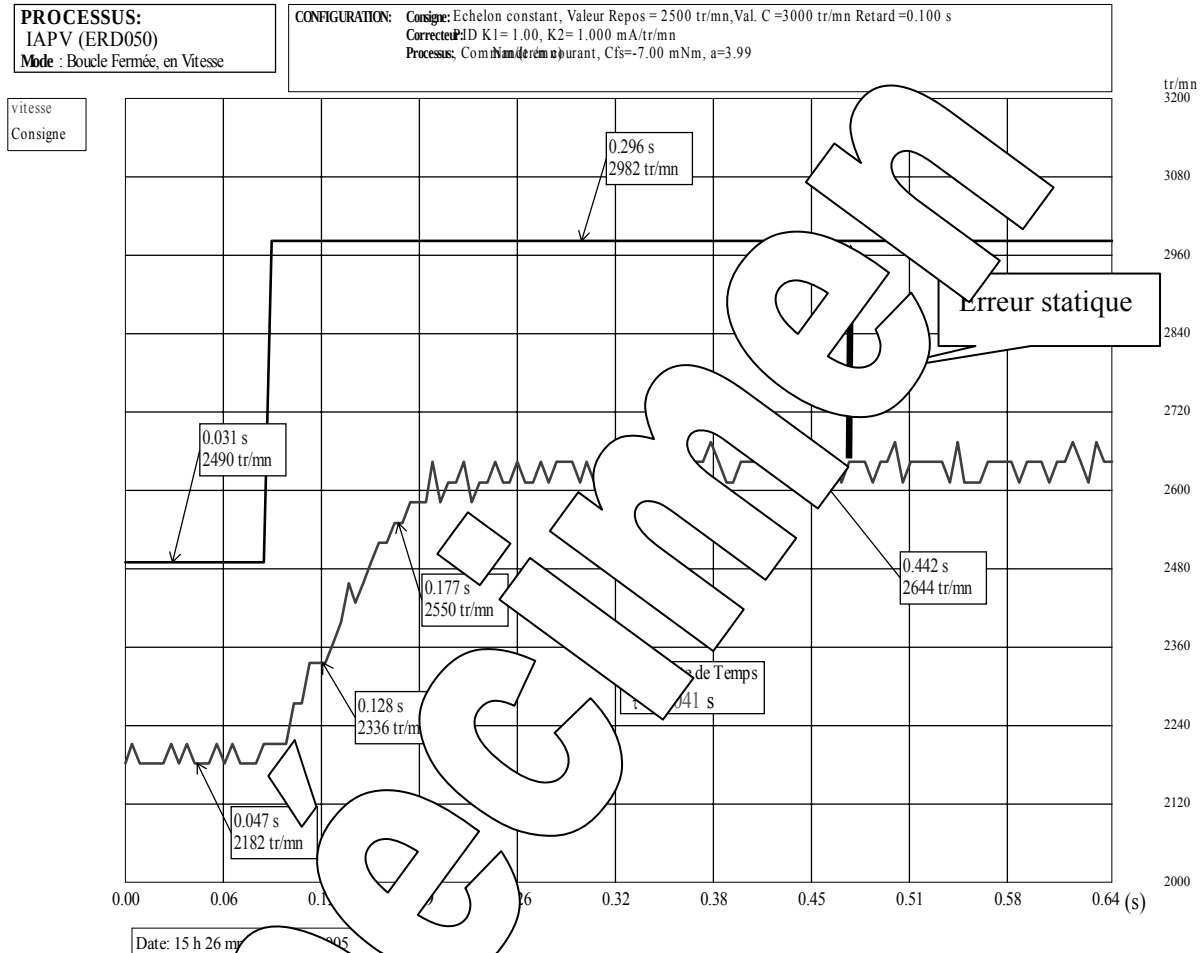
## 2. CARACTERISATION EN DYNAMIQUE

### 2.1. Réponse à un échelon constant

#### 2.1.1. Relevé expérimental

Partant d'un état de repos à 2500 tr/min, on applique un échelon de commande constant de valeur  $C = 3000$  tr/min à un instant pris comme origine des temps.

Conditions de l'essai: caractéristique de charge:  $C_{sf} = -7 \text{ m.N.m/tr/min}$  et  $a = 4 \text{ } \mu\text{N.m/tr/min}$



#### 2.1.2. Exploitation

☞ Constante de temps  $\tau_{FV}$  déterminée:  $\tau_{FV} = 0,041 \text{ S}$

A comparer avec la valeur théorique, valable dans les conditions de l'essai

$$\tau_{FV} = \frac{1}{2.4 \times 10^{-4} \times \frac{1}{1 + 0.91}} = 0,043 \text{ S}$$

☞ Coefficient  $\alpha$  en variation:

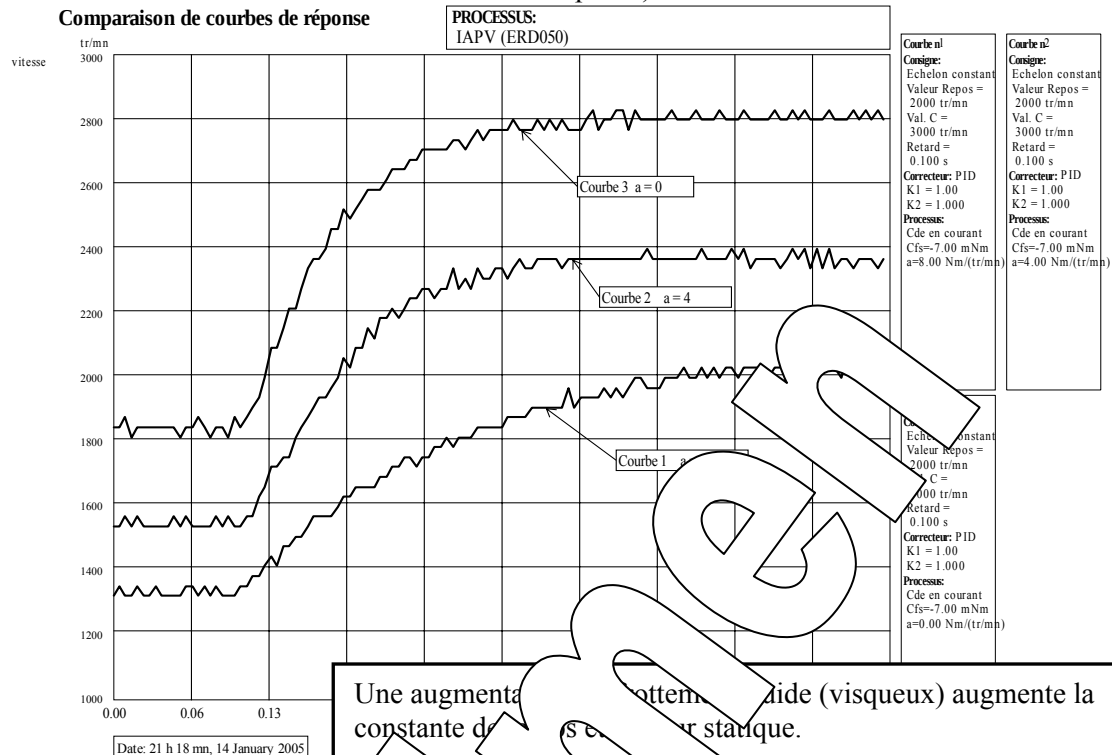
A comparer avec la valeur précédemment trouvée: 0,91

☞ Erreur statique:  $\varepsilon_s = 2983 - 2644 = 339 \text{ tr/min}$

$$\frac{N_{(\infty)} - N_{(0)}}{2983 - 2000} = \frac{830}{983} = 0,94$$

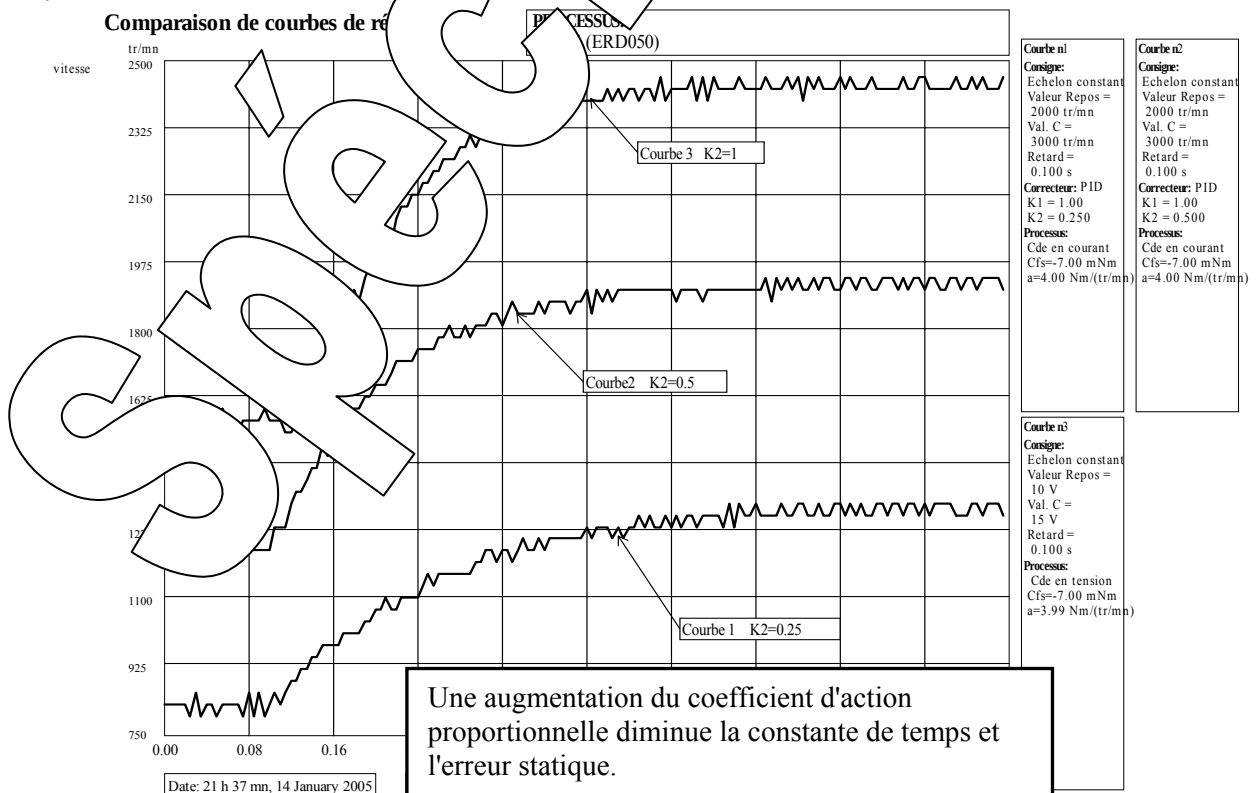
### 2.1.3. Etude de l'influence du coefficient de frottement visqueux

Essai pour d'autres valeurs du coefficient de frottement visqueux  $a = 0$  ; 4 ; et 8  $\mu\text{N.m/tr/min}$  (Csf maintenu à -7 m.N.m  $\rightarrow$  frottement sec bien compensé).



### 2.1.4. Etude de l'influence du coefficient d'action proportionnelle

Essais avec  $K_2 = 0,25$  puis 0,5 et enfin 1



## 2.2. Comportement en régime sinusoïdal

### 2.2.1. Relevé expérimental:

On excite le système par une commande  $C(t) = C_0 + C_M \sin(\omega.t)$

#### Conditions de l'essai :

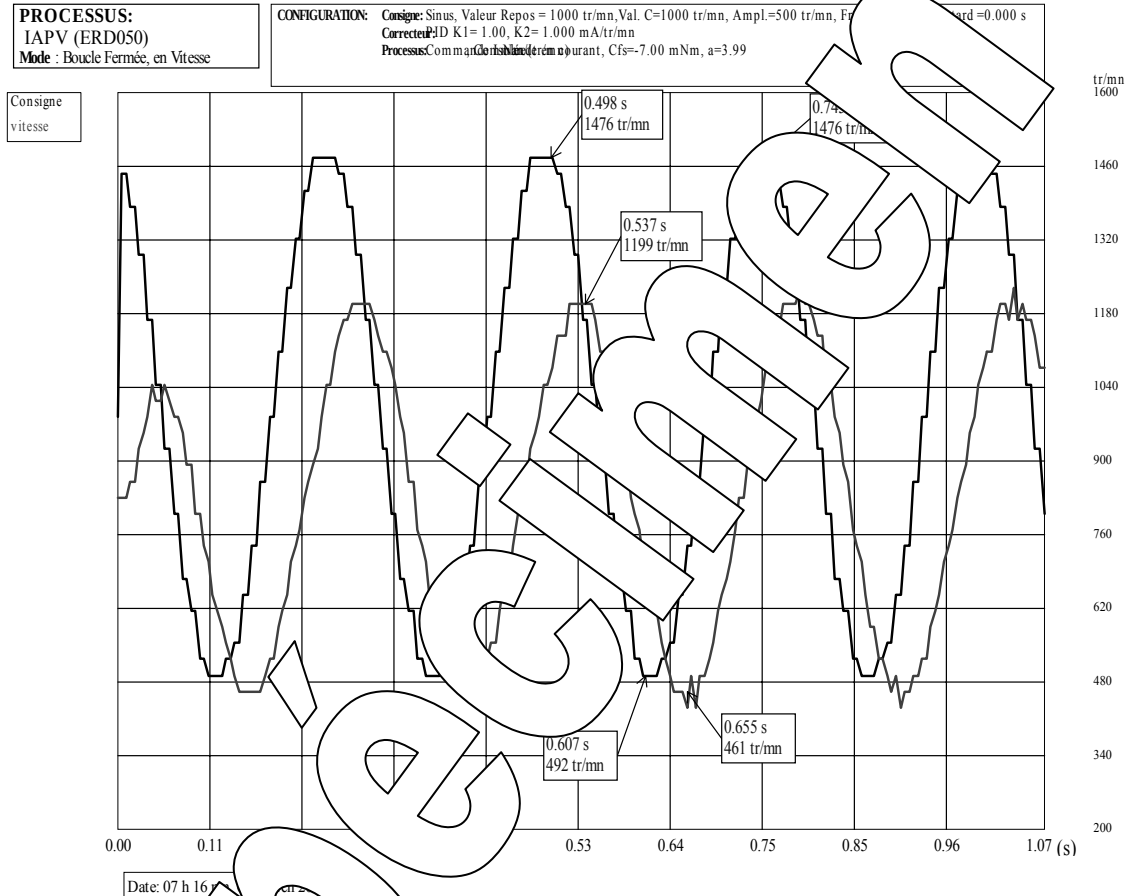
- Caractéristique de charge:  $C_{sf} = -7 \text{ m.N.m/tr/min}$  et  $a = 4 \mu\text{N.m/tr/min}$

- Commande "Sinus"

avec:  $C_0 = 1000 \text{ tr/min}$  la valeur moyenne,

Amplitude =  $C_M = 500 \text{ tr/min}$  l'amplitude de la composante sinusoïdal,

$\omega = 1/\tau_{FV} = 1/0,041 \rightarrow F = 3,88 \text{ Hz}$  ( $\tau_{FV}$  étant la constante de temps relevée lors de l'essai expérimental effectué précédemment).



### 2.2.2. Caractérisation

On peut effectuer les caractérisations suivantes:

- Coefficient de transmission (valeurs moyennes):

$$\frac{N_{\text{Max}} - N_{\text{Min}}}{C_{\text{Max}} - C_{\text{Min}}} = 0,84? \rightarrow \frac{1199 - 461}{1476 - 492} = 0,84$$

- Rapport des amplitudes à la pulsation de cassure, pour un système du premier ordre:

$$\frac{N_{\text{Max}} - N_{\text{Min}}}{C_{\text{Max}} - C_{\text{Min}}} = \frac{K_{FV}}{\sqrt{2}} = \frac{0,84}{\sqrt{2}} = 0,594? \rightarrow \frac{1199 - 461}{1476 - 492} = 0,75$$

- Le déphasage à la pulsation de cassure, pour un système du premier ordre:

$$\varphi_{(N/C)} = -\pi/4 = -45^\circ? \quad \varphi_{(N/C)} = -(0,537 - 0,498) \cdot \frac{180}{\pi \cdot 0,041} = -76^\circ$$

## 1. CARACTERISATION EN REGIME STATIQUE

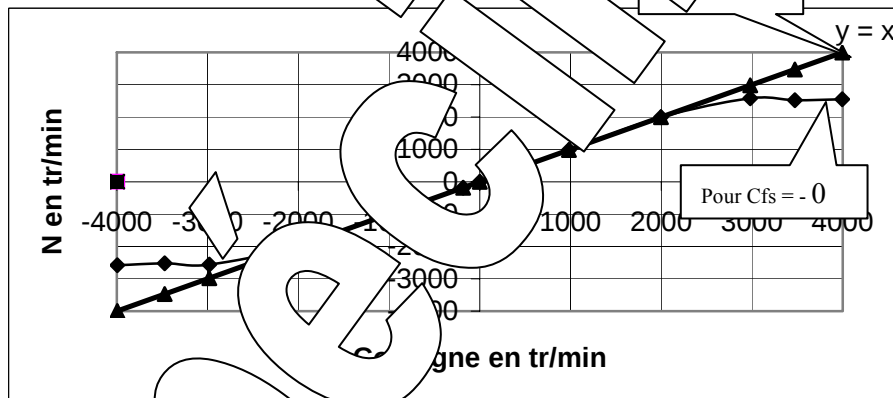
### 1.1. Relevé de la caractéristique de transfert statique

#### Conditions de l'essai:

- Caractéristique de charge:  $C_{fs} = 0 \text{ m.N.m}$  puis  $-7$  et  $a = 4 \mu\text{N.m/tr/min}$
- Coefficients  $K_1 = 1$  et  $K_2 = 0,5$ .
- Constante d'intégration  $T_i = 0,4\text{S}$  en
- ☞ Tableau de mesures:

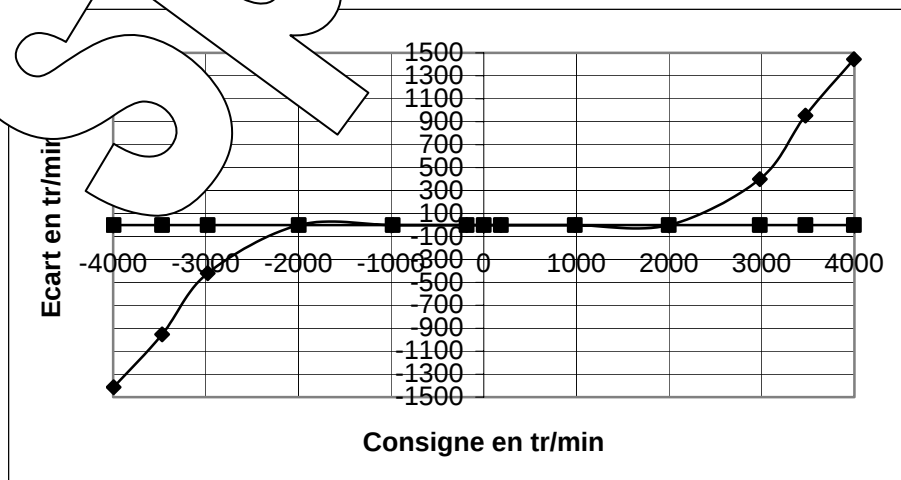
| C en tr/min                                       | -3994 | -3472 | -2980 | -1997 | -983 | -184 | 0 | 184 | 983 | 1997 | 2980 | 3472 | 3994 |
|---------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|---|-----|-----|------|------|------|------|
| Nm → N en tr/min pour $C_{fs} = 0$                | -2581 | -2519 | -2560 | -1997 | -983 | -184 | 0 | 184 | 983 | 1997 | 2581 | 2519 | 2550 |
| Calculer $\epsilon_s = N - C$                     | -1413 | 953   | -420  | 0     | 0    | 0    | 0 | 0   | 0   | 0    | 400  | 953  | 1444 |
| Nm → N en tr/min pour $C_{fs} = -7 \text{ m.N.m}$ | -3994 | -3472 | -2980 | -1997 | -983 | -184 | 0 | 184 | 983 | 1997 | 2980 | 3472 | 3994 |
| Calculer $\epsilon_s = N - C$                     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0 | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    |

#### ☞ Caractéristique de transfert



La vitesse suit la consigne en régime établi. Pour  $C_{sf} = 0$  on constate l'apparition d'une saturation qui est due à la saturation de la commande processus  $S_r$ . Si le frottement sec n'est pas compensé, pour une même vitesse atteinte, il faut une commande moteur plus grande.

#### ☞ Caractéristique de précision statique: $\epsilon = f(C)$



Tant que la vitesse suit la consigne, l'erreur statique est nulle. Lorsque la saturation apparaît, l'erreur croît proportionnellement à la consigne.

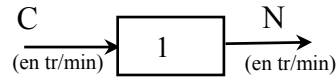
### 1.1.1. Exploitation, schéma bloc statique:

☞ Equation de la caractéristique:  $N = C$  tant qu'il n'y a pas de saturation du régulateur

☞ Coefficient de transfert:

$$K_{FV} = \frac{\Delta N}{\Delta C} = 1$$

☞ Schéma bloc statique



☞ En régime établi, dans une boucle d'asservissement, une action intégrale impose une grandeur constante sur son entrée. En effet, si ce n'était pas le cas, on aurait en sortie de celle-ci une rampe (résultat de l'intégrale de la constante). Cette augmentation entraîne, en rétro-action, la diminution de l'écart!

## 2. CARACTERISATION EN DYNAMIQUE

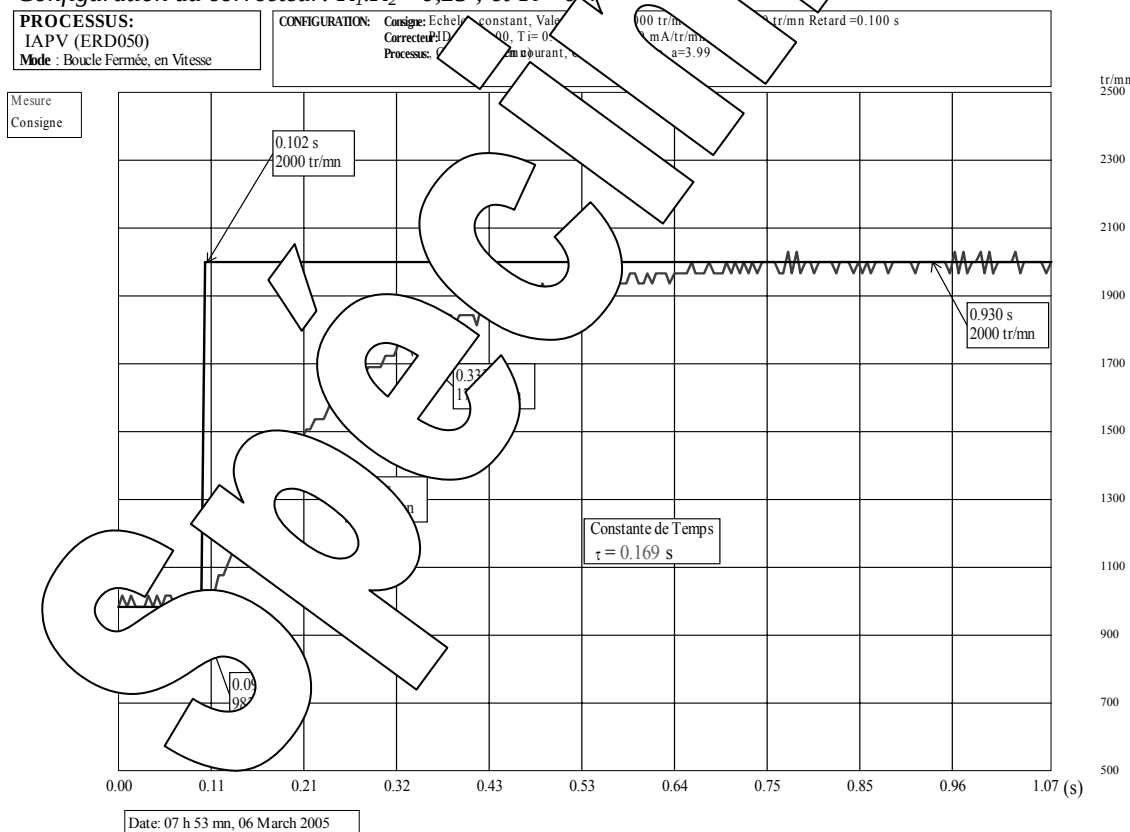
### 2.1. Réponse à un échelon constant

#### 2.1.1. Relevé expérimental

Partant d'un état de repos égale 1000 tr/min, on applique un échelon de consigne constante de valeur  $C = 2000$  tr/min à un instant pris comme origine des temps. Visualiser l'évolution de la vitesse ( $N$ ) au cours du temps.

**Conditions de l'essai:**

- Caractéristique de charge:  $C_{sf} = -7 \text{ m.N.m/tr/min}$  et  $a = 3.99$
- Configuration du correcteur:  $K_1.K_2 = 0,25$  ; et  $T_i = 0,4$

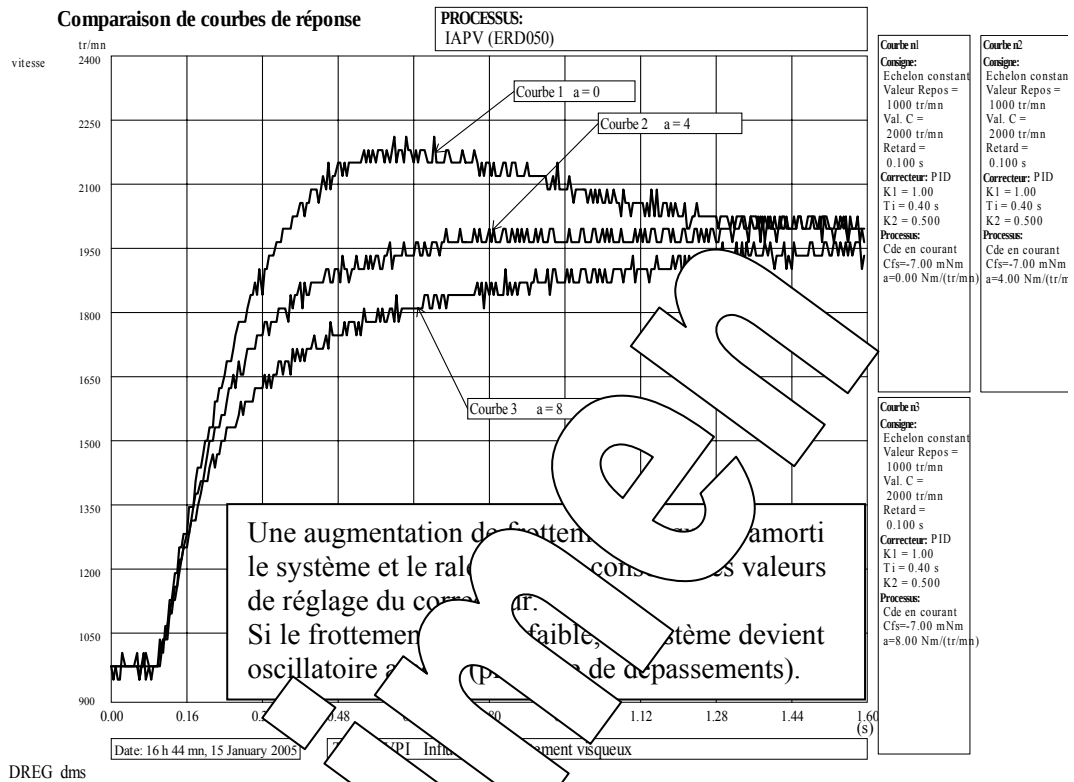


On vérifie bien la précision statique du système (la vitesse rejoint bien la consigne). L'allure de la réponse correspond à celle d'un système du premier ordre  $\rightarrow \tau_{FV} = 0,17\text{s}$ .

Ce résultat est obtenu grâce au choix fait pour  $T_i$  (méthode dite de la compensation de la constante de temps dominante  $T_i = \tau_1$ ).

## 2.1.2. Etude de l'influence du coefficient de frottement visqueux

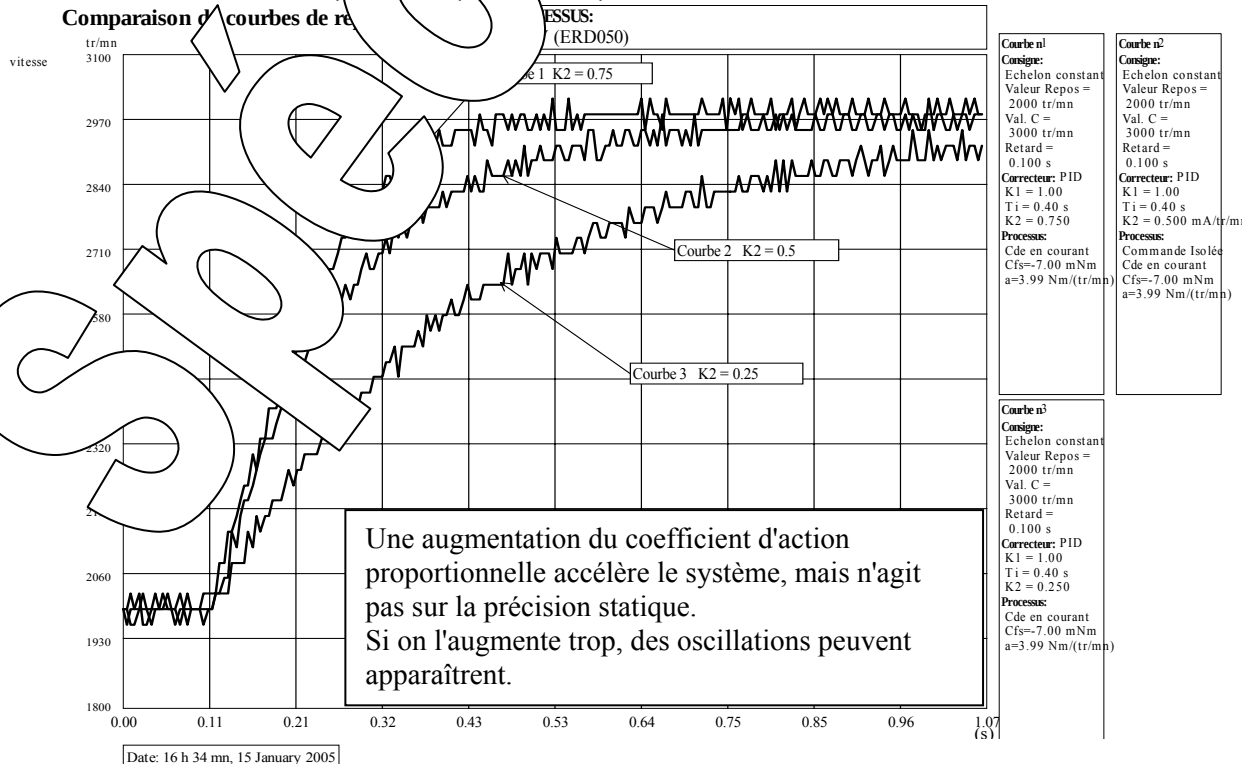
Essai pour d'autres valeurs du coefficient de frottement visqueux  $a = 0$  ; 4; et 8  $\mu\text{N.m/tr/min}$  (Csf sera maintenu à -7 m.N.m  $\rightarrow$  frottement sec bien compensé).



## 2.1.3. Etude de l'influence du coefficient d'action proportionnel

Série d'essais avec  $K_2 = 0$ , puis 0,5, enfin 0,75.

**Comparaison de courbes de réponse**



## 2.2. Comportement en régime sinusoïdal

### 2.2.1. Relevé expérimental:

On excite le système par une commande  $C(t) = C_0 + C_M \sin(\omega.t)$

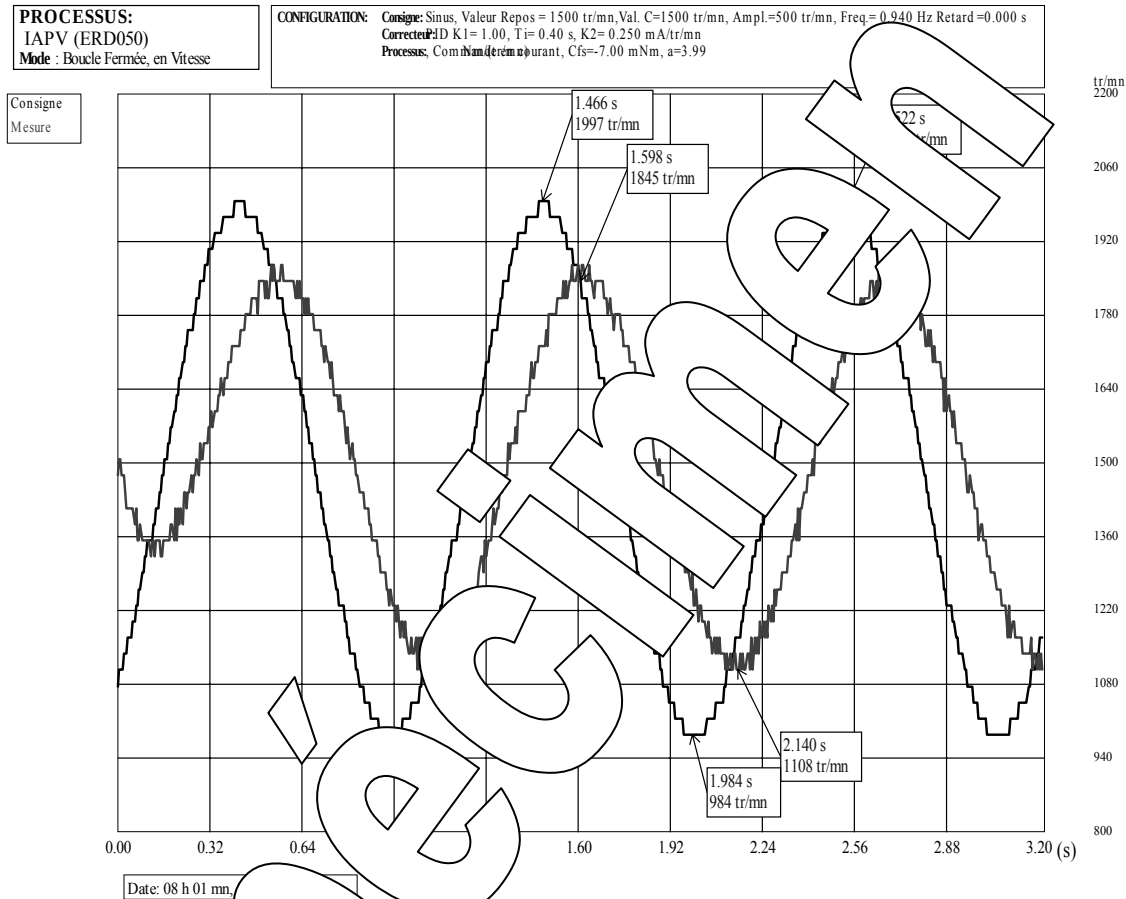
#### Conditions de l'essai et mode opératoire:

- Caractéristique de charge:  $C_{sf} = -7 \text{ m.N.m/tr/min}$  et  $a = 4 \mu\text{N.m/tr/min}$
- Coefficients  $K_1 = 1$  et  $K_2 = 0,25$ .
- Constante d'intégration  $T_i = 0,4\text{s}$  en

avec:  $C_0 = 1500 \text{ tr/min}$  la valeur moyenne,

Amplitude  $= C_M = 500 \text{ tr/min}$  l'amplitude de la composante sinusoïdal,

$\omega = 1/\tau_{FV} = 1/0,17 \rightarrow F = 0,94\text{Hz}$



### 2.2.2. Exploitation

On peut effectuer les vérifications suivantes:

- Coefficient de transmission (valeurs moyennes):

$$\frac{N_{Max} - N_{Min}}{C_{Max} - C_{Min}} = K_{FV} \quad ? \rightarrow \frac{1845 - 1108}{1997 - 984} = 0,99$$

- Rapport des amplitudes de la pulsation de cassure:

$$\frac{N_{Max} - N_{Min}}{C_{Max} - C_{Min}} = \frac{K_{FV}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707 \quad ? \rightarrow \frac{1845 - 1108}{1997 - 984} = 0,727$$

- Le déphasage:

$$\varphi_{(N/C)} = -\pi/4 = -45^\circ \quad ? \quad \varphi_{(N/C)} = -(1,598 - 1,466) \cdot \frac{180}{\pi \cdot 0,17} = -44,5^\circ$$

## 1. CARACTERISATION EN REGIME STATIQUE

### 1.1. Relevé de la caractéristique de transfert statique

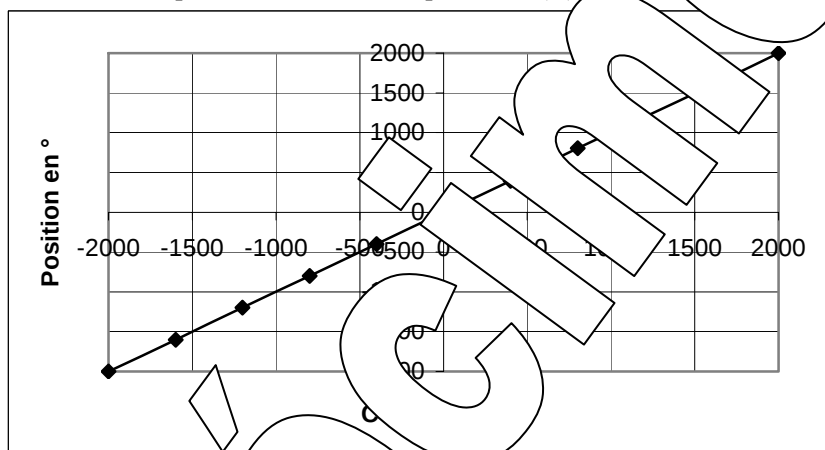
Conditions de l'essai et mode opératoire:

- Configurer la caractéristique de charge:  $C_{fs} = -7 \text{ m.N.m/tr/min}$  et  $a = 4 \text{ tr/min}$

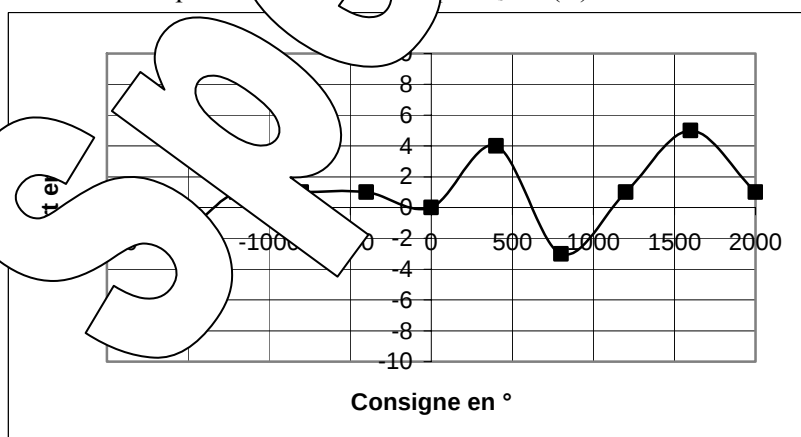
☞ Tableau de mesure et calcul de l'erreur statique notée  $\varepsilon_s$ :

| C en °                            | -2000 | -1600 | -1200 | -800 | -400 | 0 | 400 | 800 | 1200 | 1600 | 2000 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|------|------|---|-----|-----|------|------|------|
| Mθm → θ en °                      | -2001 | -1602 | -1199 | -799 | -399 | 0 | 399 | 803 | 1199 | 1595 | 2001 |
| $\varepsilon_s = C - \theta$ en ° | -1    | -2    | 1     | 1    | 1    | 0 | -4  | -3  | 1    | 5    | 1    |

☞ Caractéristiques de transfert statique:  $\theta = f(C)$



☞ Caractéristiques de l'erreur statique:  $\varepsilon_s = f(C)$



On constate une erreur statique de valeur aléatoire, dans la plage  $\pm C_0$ . Cette erreur statique est due au frottement sec qui n'est pas compensé à 100%.



### 2.1.2. Exploitation:

En utilisant les abaques sur les caractéristiques des systèmes du deuxième ordre en réponse à un échelon constant.

☞ Estimation du coefficient d'amortissement et de la pulsation propre:

A partir du dépassement relatif, on relève le coefficient d'amortissement:

$$z \# 0,13$$

☞ Estimation de la pulsation propre:

On peut la calculer à partir de la valeur relevée de  $t_{pic}$ .

Expression théorique:

$$t_{pic} = \frac{\pi}{\omega_F \sqrt{1-z^2}} = 0,28S$$

On obtient

$$\omega_F \# 11,2 \text{ rad/s}$$

☞ Vérification du temps de réponse:

On a relevé sur l'abaque  $tr.\omega_F \# 0$

Soit  $tr_{5\%} = 1,78 S$

On constate, sur l'abaque ci-contre que 7 dépassements devraient avoir une amplitude supérieure à 5%. Or, relevé expérimental, seuls 4 sont dans la zone  $\pm 5\%$ . Ceci explique le fait que le temps de réponse expérimental est assez nettement plus faible.

☞ L'erreur statique absolue:

$$\varepsilon_s = 0$$

$$\theta = 5^\circ$$

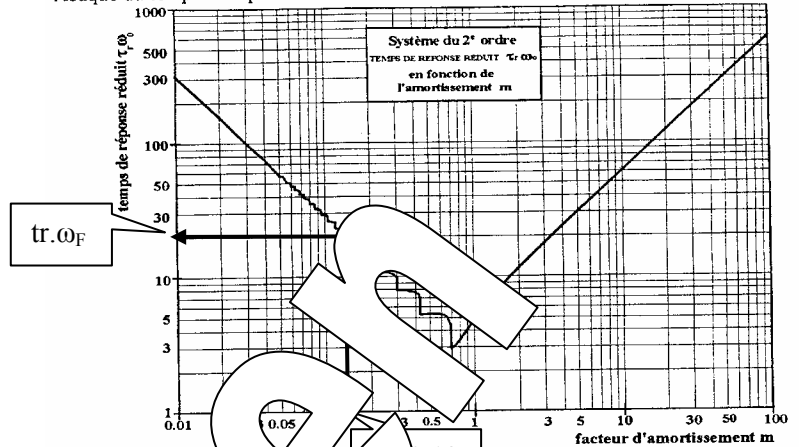
Erreur statique relative %:

$$100 \cdot \varepsilon_s =$$

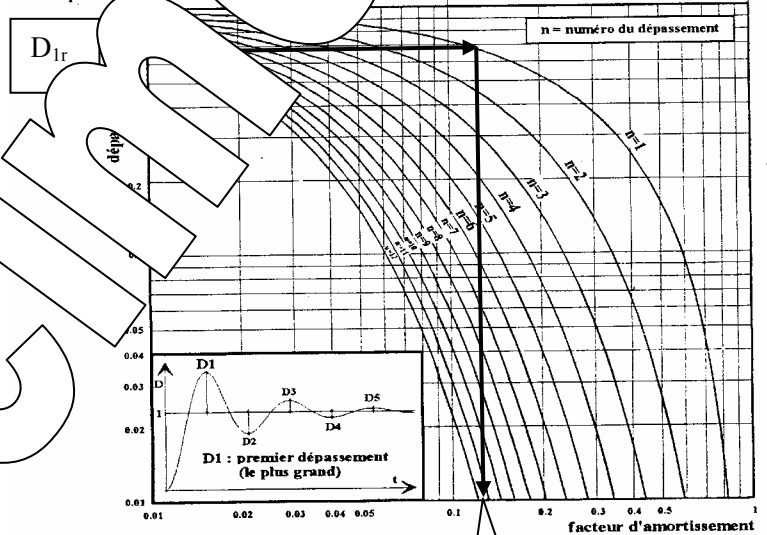
Sr

SYSTÈME DU 2<sup>ème</sup> ORDRE

Abaque du temps de réponse réduit.



Abaque des dépassements

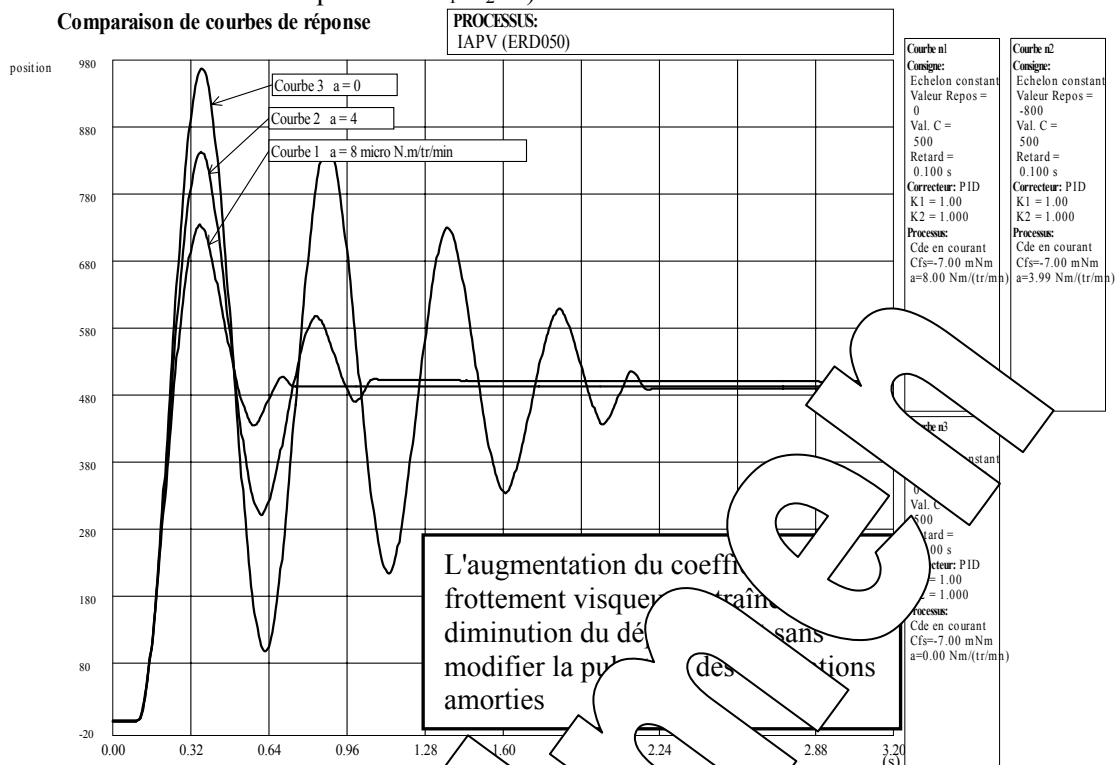


$$z = 0,13$$

### 2.1.3. Influence du coefficient de frottement visqueux

Essais Influence du coefficient de frottement visqueux  $a = 0$  ; 4 ; et 8  $\mu\text{N.m/tr/min}$  ( $C_{sf}$  maintenu à -7 m.N.m  
 -> frottement sec bien compensé et  $K_1.K_2=1$ ).

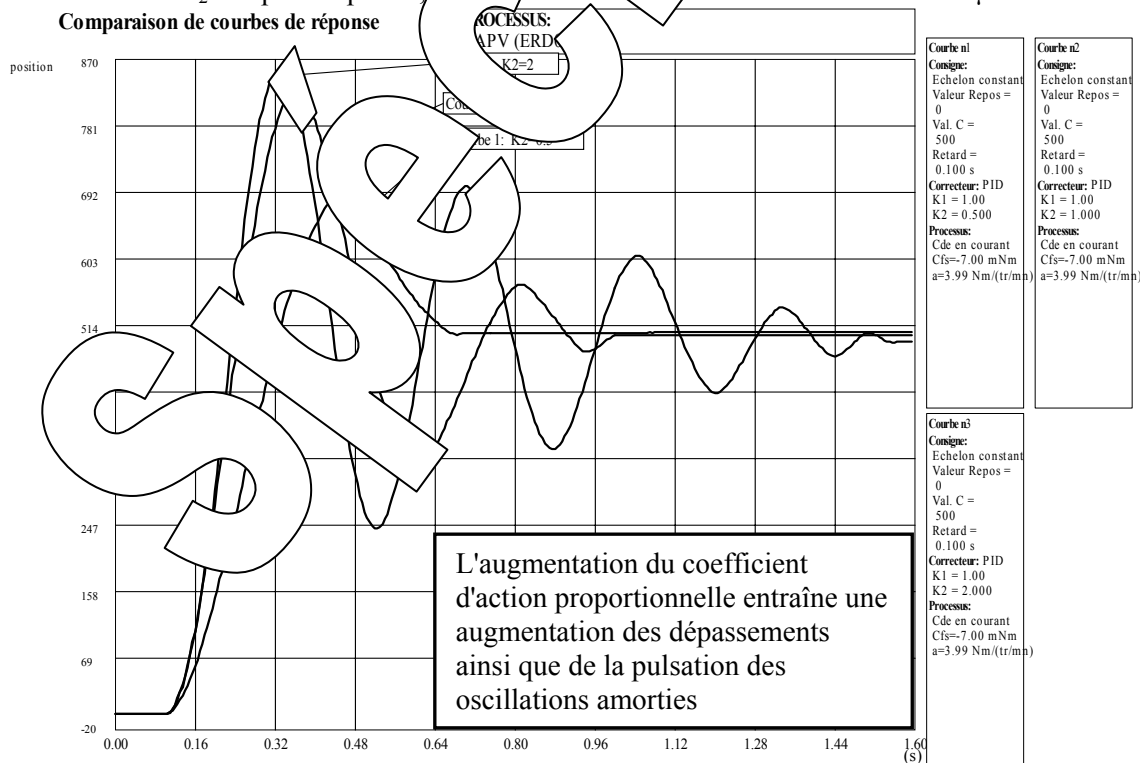
Comparaison de courbes de réponse



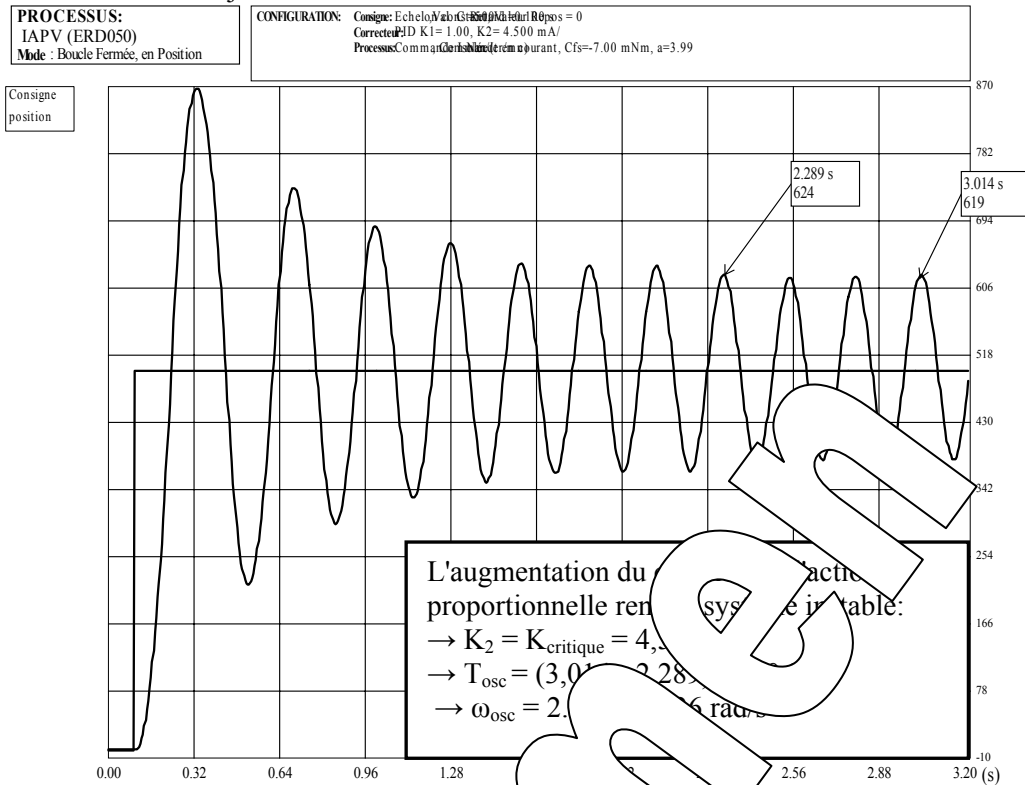
### 2.1.4. Etude de l'influence du coefficient d'action proportionnelle

Essais avec  $K_2 = 1$  puis 2 puis 3;  $C_{sf}$  maintenu à -7 m.N.m et "a" à 4  $\mu\text{N.m/tr/min}$

Comparaison de courbes de réponse



## Recherche de la juste instabilité:



## 2.2. Comportement en régime sinusoïdal

### 2.2.1. Relevé expérimental:

On souhaite exciter le système par une commande  $z(t) = C_0 + C_M \cdot \sin(\omega \cdot t)$

#### Conditions de l'essai :

- Caractéristique de charge:  $Csf = 4 \mu\text{N.m/tr/min}$  et  $a = 4 \mu\text{N.m/tr/min}$
- Mode commande "sinus"

avec:  $C_0 = 254$  leur valeur,  $C_M = 250$

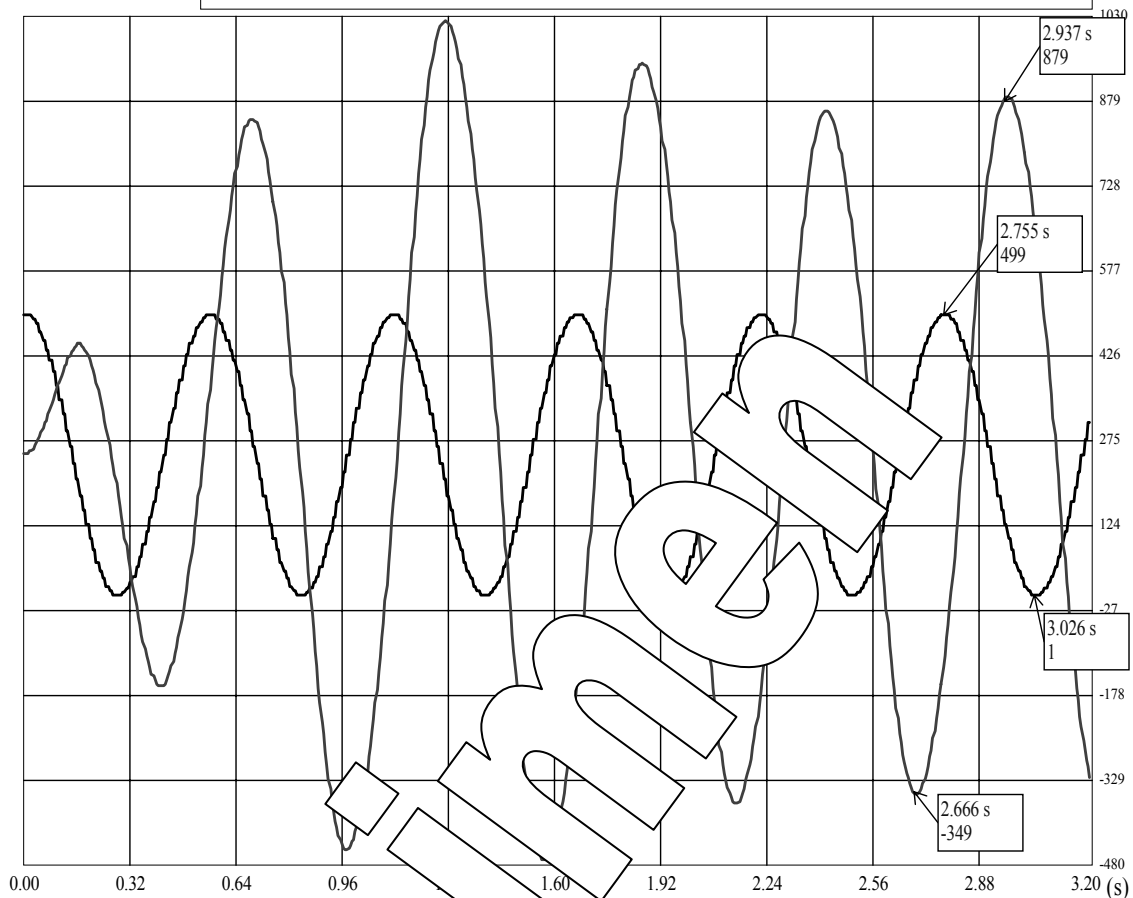
Amplitude  $\phi = 250^\circ$  l'amplitude de la composante sinusoïdale,

$\omega = 1,78 \text{ rad/s}$  pulsation de la composante sinusoïdale  $\rightarrow F = \omega / 2\pi = 1,78 \text{ Hz}$   
 ( $\omega_F$  est la pulsation propre relevée lors de l'essai expérimental effectué précédemment).

**PROCESSUS:**  
IAPV (ERD050)  
Mode : Boucle Fermée, en Position

**CONFIGURATION:** Consigne: Sinus, Vitesse: 2.780 Hz Retard = 0.000 s  
Correcteur PD K1= 1.00, K2= 1.000 mA/  
Processus: Commande du moteur, Cfs=-7.00 mNm, a=3.99

Consigne  
Mesure



On peut effectuer les vérifications suivantes:

- Coefficient de transfert statique (en degrés/mm):

$$\frac{\theta_{\text{Max}} + \theta_{\text{Min}}}{C_{\text{Max}} + C_{\text{Min}}} = K_F = \frac{79 - (-349)}{499 + 1} = 1,05$$

- Rapport des amplitudes à la pulsation de résonance:

$$\frac{\theta_{\text{Max}} - \theta_{\text{Min}}}{C_{\text{Max}} - C_{\text{Min}}} = \frac{79 - (-349)}{499 - 1} = 2,46 \rightarrow \text{Illustre le phénomène de résonance.}$$

- Le déphasage:  $\varphi_{(\theta/C)} = -(2,937 - 2,755) \cdot 11,2 \frac{180}{\pi} = -117^\circ$

Au vu des résultats, le comportement des systèmes du deuxième ordre en régime harmonique, le déphasage doit être de  $-90^\circ$ . L'essai est sans doute fait à une pulsation légèrement trop grande.

De même, après avoir vu que pour  $z=0,14$  la résonance doit être de 3,6 à la pulsation de résonance (qui est légèrement inférieure à la pulsation propre:  $\omega_R = \omega_F \sqrt{1-2z^2}$ ). C'est donc normal que le rapport soit plus faible.

## 1. Réponse à un échelon constant

### 1.1. Relevé expérimental

Partant d'un état de repos égale  $0^\circ$ , on applique un échelon de commande constant de valeur  $C = 500^\circ$  à un instant pris comme origine des temps.

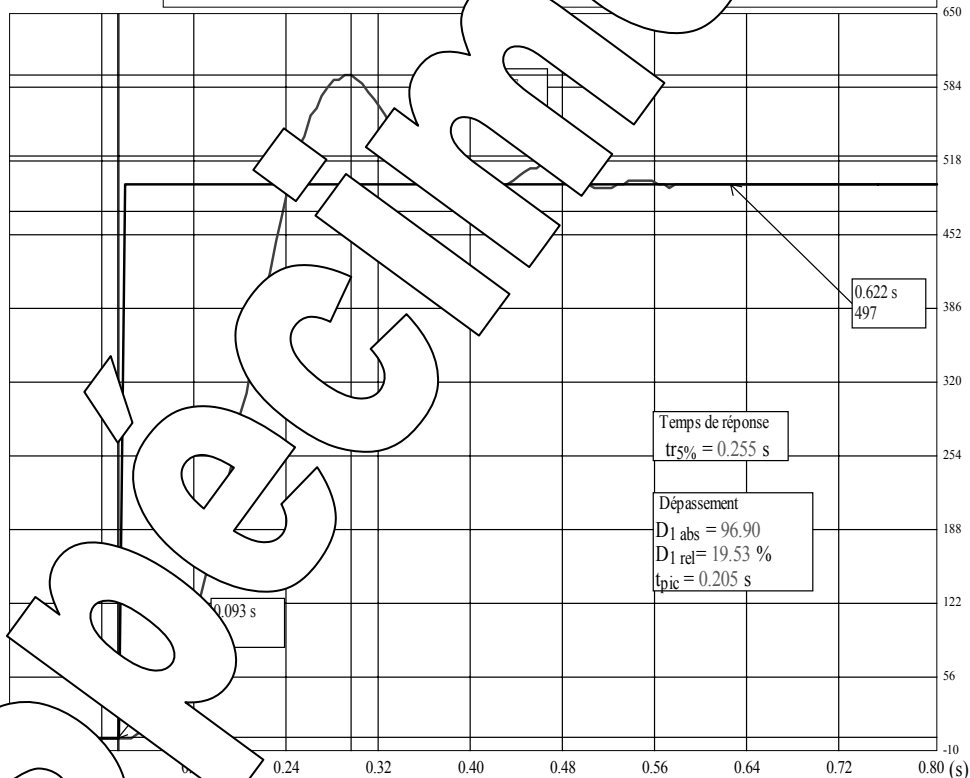
#### Conditions de l'essai :

- Caractéristique de charge:  $Cfs = -7 \text{ m.N.m/tr/min}$  et  $a = 4 \mu\text{N.m/tr/m}$
- Valeur de repos à  $0$ .
- Valeur de l'échelon constant à  $500^\circ$  avec un retard de  $0,1\text{S}$ .
- Coefficients  $K_1=3$  et  $K_2= 1 \text{ mA/}^\circ$
- Constante de dérivation  $Td = 0,1 \text{ S}$  et le coefficient de filtrage  $\omega = 0$

PROCESSUS:  
IAPV (ERD050)  
Mode : Boucle Fermée, en Position

CONFIGURATION: Consigne: Echelon Valeur d'échelon: 500, Valeur de repos = 0  
Correcteur: D,  $K_d = 8,000$ , Td: 0,1,  $\omega$ : 0,  $\omega$  décimale sur écart.  
Processus: Commande en courant,  $Cfs = -7,00 \text{ mNm}$ ,  $a = 4,00 \mu\text{Nm}$

Mesure  
Consigne



On relève les caractéristiques essentielles suivantes:

- la valeur finale de la position atteinte  $\theta_{(\infty)} = 497^\circ$
- le maximum de position:  $\theta_{\text{Max}} = 597^\circ$
- l'instant où a lieu le maximum:  $t_{\text{pic}} = 0,2 \text{ S}$
- ! L'instant d'application de l'échelon doit être pris comme origine des temps!
- le temps de réponse à 5% :  $t_{r5\%} = 0,255 \text{ S}$

On détermine:

- la valeur absolue du 1<sup>ier</sup> dépassement:  $D_{1a} = \theta_{\text{Max}} - \theta_{(\infty)} = 597 - 500 = 97^\circ$
- la valeur relative du 1<sup>ier</sup> dépassement en %:  $D_{1r} = 100(\theta_{\text{Max}} - \theta_{(\infty)})/\theta_{(\infty)} = 19,4 \%$

## 1.2. Exploitation:

En utilisant les abaques sur les caractéristiques des systèmes du deuxième ordre en réponse à un échelon constant.

Estimation du coefficient d'amortissement et de la pulsation propre:

A partir du dépassement relatif, on relève le coefficient d'amortissement:

$$z \# 0,45$$

Estimation de la pulsation propre:

On peut la calculer à partir de la valeur relevée de  $t_{pic}$ .

Expression théorique:

$$t_{pic} = \frac{\pi}{\omega_F \sqrt{1-z^2}} = 0,2S$$

On obtient

$$\omega_F \# 17,5 \text{ rad/s}$$

Vérification du temps de réponse:

On a relevé sur l'abaque  $t_r \cdot \omega_F \# 5,5$

Soit  $t_{r\ 5\%} = 0,31 \text{ S}$

A comparer avec la valeur obtenue expérimentalement: 0,255 S

L'erreur statique absolue:

$$\varepsilon_s = \theta_{(\infty)} - C = 500 - 500$$

et l'erreur statique relative:

$$0\%$$

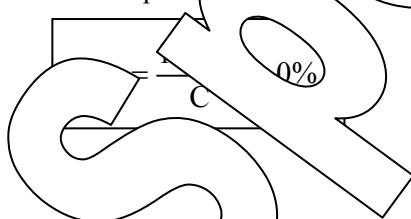


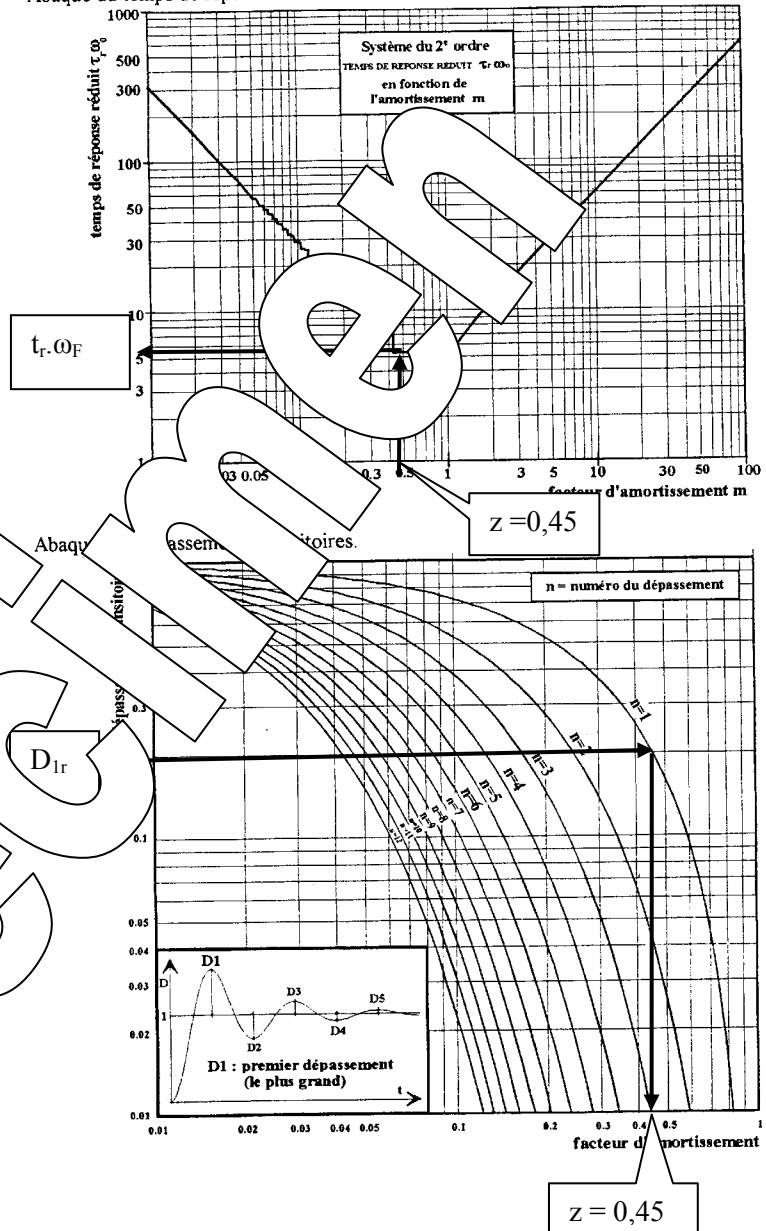
Tableau comparatif des résultats obtenus au TP RPP

| Type correcteur →        | Proportionnel seul | Proportionnel + dérivée |
|--------------------------|--------------------|-------------------------|
| Erreur statique absolue  | 5°                 | 0°                      |
| Erreur statique relative | 1%                 | 0%                      |
| Temps de réponse         | 0,93S              | 0,255                   |
| Dépassement absolu       | 338°               | 97°                     |
| Dépassement relatif      | 67%                | 19%                     |

L'action dérivée permet d'améliorer le comportement dynamique (diminution du temps de réponse et du dépassement) mais aussi la précision statique grâce à une augmentation possible du coefficient d'action proportionnelle

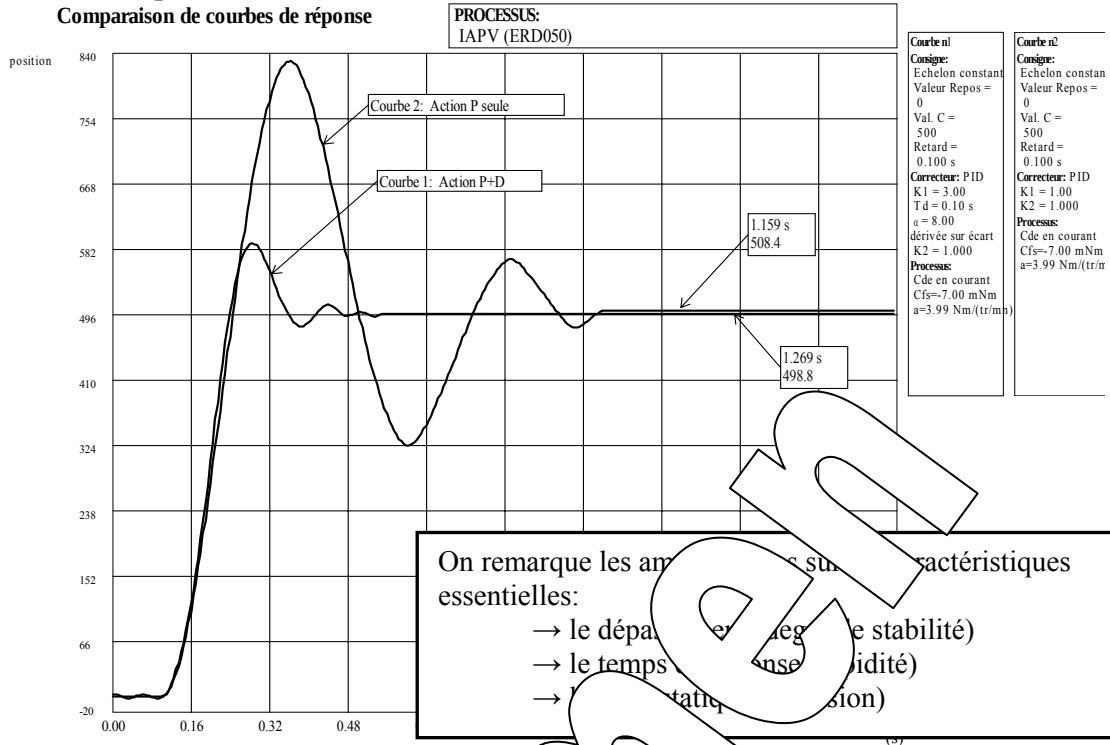
SYSTÈME DU 2<sup>ème</sup> ORDRE

Abaque du temps de réponse réduit.



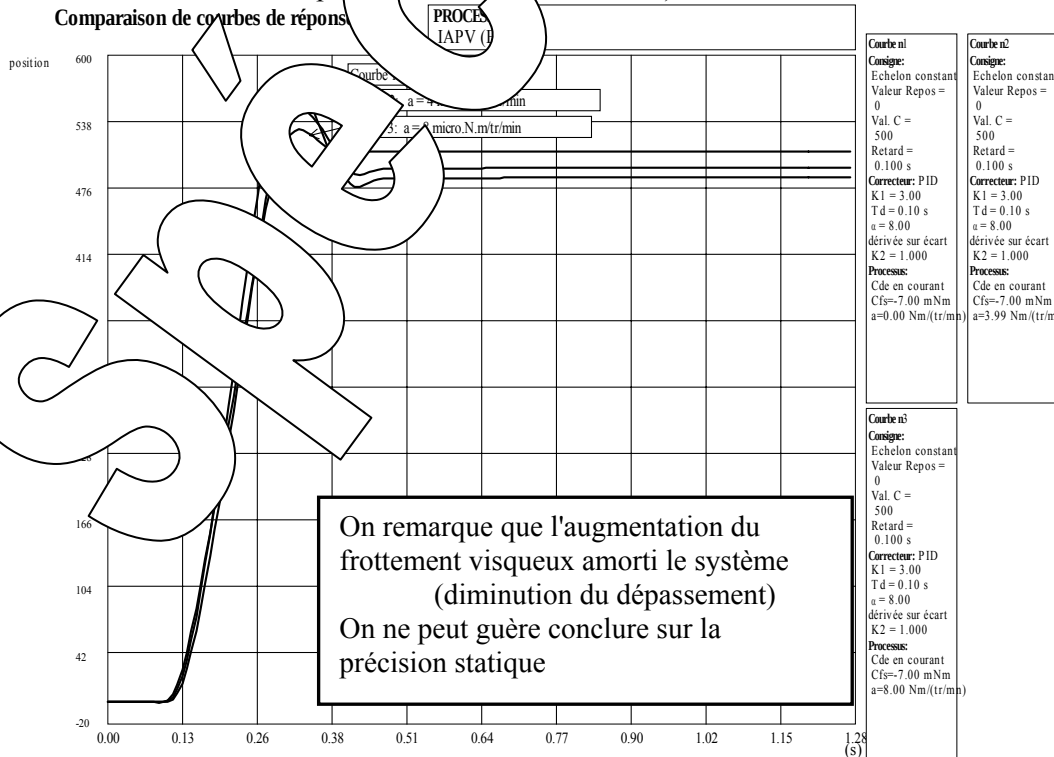
**Courbe comparative:**

Comparaison de courbes de réponse

**2. Etude l'influence du coefficient de frottement visqueux**

➤ Influence du coefficient de frottement visqueux  $a = 0 ; 4 ; \text{ et } 8 \mu\text{N.m/tr/min}$  (Csf maintenu à  $-7 \text{ m.N.m}$  et  $K_1 = 3$  ;  $K_2 = 1 \text{ mA/}^\circ$ ).

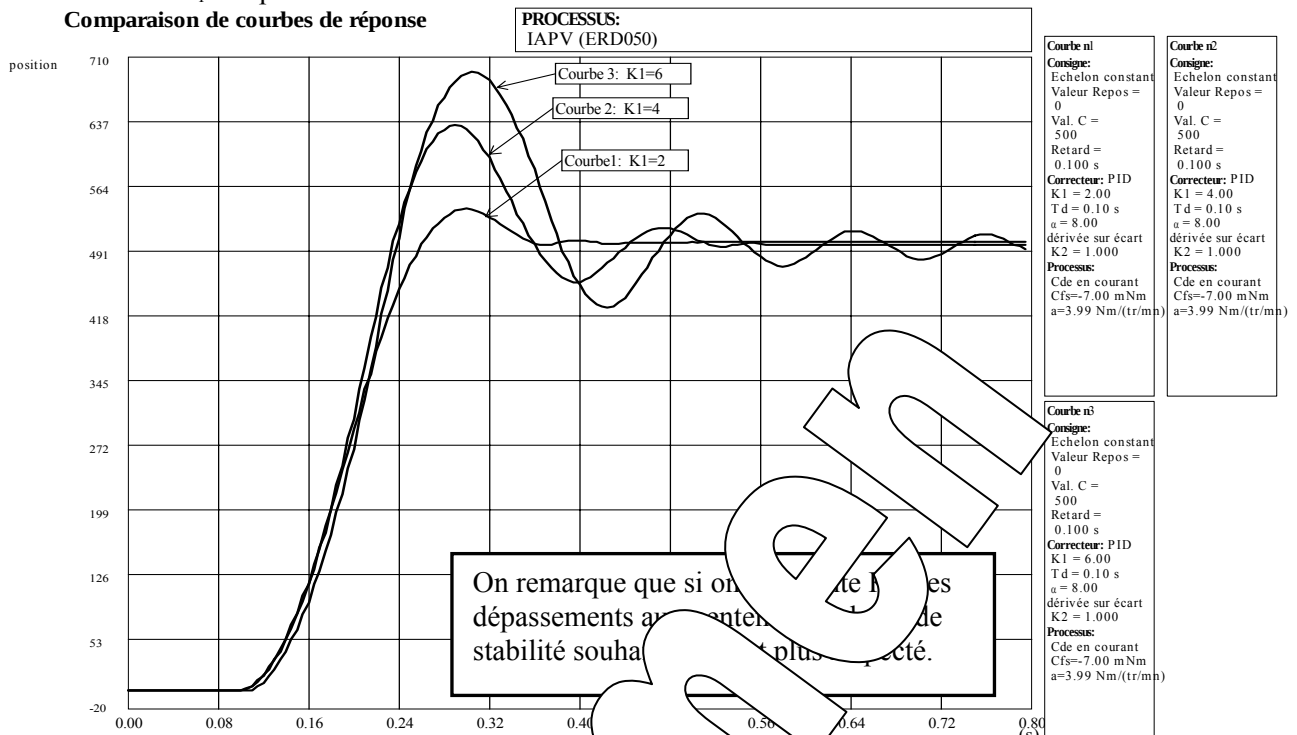
Comparaison de courbes de réponse



### 3. Etude de l'influence du coefficient d'action proportionnelle

Essais avec  $K_I = 3$  puis 4 et enfin 6.

Comparaison de courbes de réponse



#### 3.1. Comportement en régime sinusoïdal

##### 3.1.1. Relevé expérimental:

On excite le système par une commande  $C(t) = C_M \cdot \sin(\omega \cdot t)$

Conditions de l'essai:

- Caractéristique de charge  $C_M = 4 \mu\text{N.m/tr/min}$
- Coefficients  $K_I = 3$  et  $K_I = 1$
- Constante de dérivation  $T_d = 0.10$  s et coefficient de filtrage  $\alpha = 8$
- Commande "Sinus"

avec:  $C_M$  la valeur de la commande,

$Amp = 250$  l'amplitude de la composante sinusoïdale,

$\omega = 17$  rad/s la pulsation de la composante sinusoïdale  $\rightarrow F = \omega / 2\pi = 2,7$  Hz

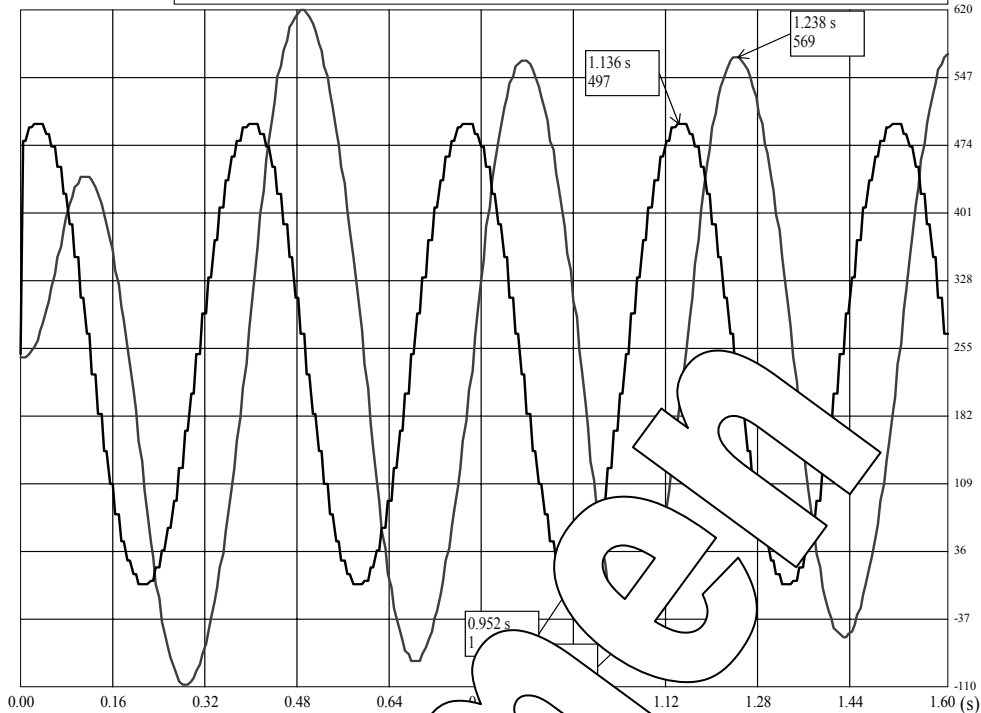
(la pulsation propre relevée lors de l'essai expérimental effectué précédemment).

**PROCESSUS:**  
IAPV (ERD050)  
Mode : Boucle Fermée, en Position

**CONFIGURATION:** Consigne: Sinus, Valeur C R2=2700 Hz Retard=0.000 s  
Correcteur D Kd=8.000, Valeur K2=1.000 mA/  
Processus: Commande en courant, Cfs=7.00 mNm, a=3.99

Mesure

Consigne



On peut effectuer les vérifications suivantes:

- Coefficient de transfert statique (valeurs en mNm/s):  $\frac{\theta_{Max} + \theta_{Min}}{C_{Max} + C_{Min}} = K_F = 1? \rightarrow \frac{569 - 56}{497 + 1} = 1,03$

- Rapport des amplitudes à la pulsation choisie:

$$\frac{\theta_{Max} - \theta_{Min}}{C_{Max} - C_{Min}} = 1,2 \rightarrow \frac{569 + 56}{1} = 625 \quad \text{Une résonance faible}$$

- Le déphasage:  $\varphi_{(\theta/C)} = -90^\circ? \quad \varphi_{(\theta/C)} = -(1,238 - 1,136) \cdot 17 \frac{180}{\pi} = -99,4^\circ$

Au vu des abaques relatives aux systèmes du deuxième ordre, la pulsation choisie est très proche de la pulsation propre du système (car  $\varphi \approx -90^\circ$ ).

L'action dérivée agit comme un filtre passe-bande. Pour une pulsation comparable, le système suit mieux: moins de résonance, le déphasage est plus petit.

Page laissée vierge

Spécimen