

## Support technologique : bras Maxpid

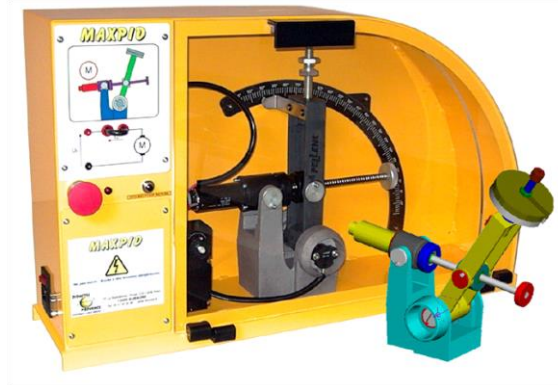
### Objectif :

Evaluer l'effet de la perturbation sur l'asservissement du bras Maxpid.

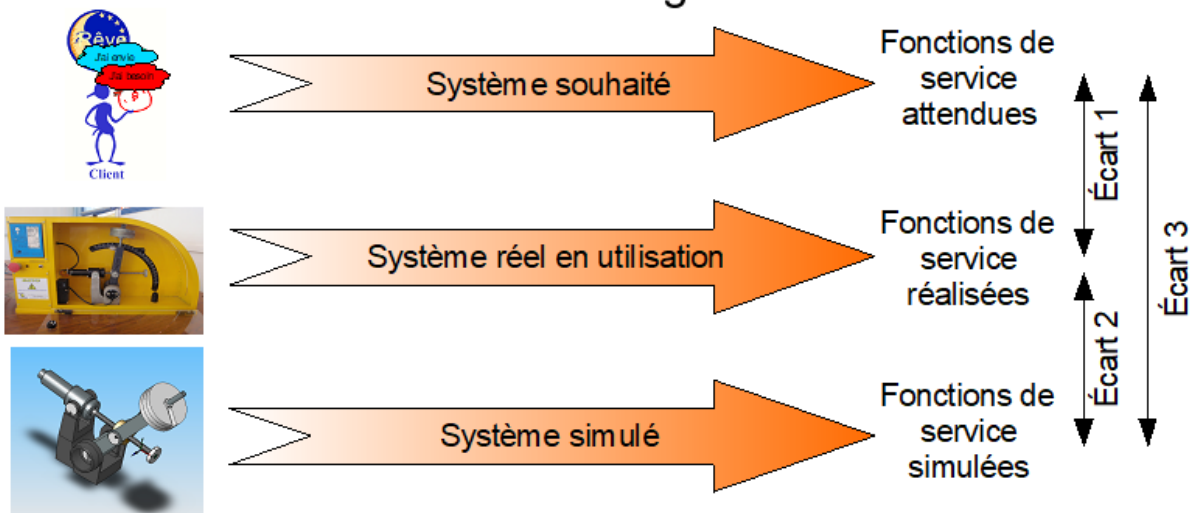
Mettre en évidence l'intérêt de la correction proportionnelle pour s'opposer aux effets négatifs de la perturbation et améliorer l'asservissement

Utiliser la simulation pour vérifier aisément les critères fréquentiels du cahier des charges. En effet, les critères fréquentiels (marges de stabilité, pulsation de coupure de la boucle ouverte) ne sont pas simples à vérifier expérimentalement.

**Durée de la séance : 2 heures avec permutation à mi-séance**



### Démarche ingénieur



**Objectif : minimiser les écarts**

**Démarche ingénieur : minimiser les écarts**

**AVERTISSEMENT**

**VOUS DEVEZ DEPLACER TOUT DOCUMENT NUMERIQUE MODIFIABLE DANS UN DOSSIER PERSONNEL AVANT OUVERTURE ET MODIFICATION.**

## Préparation à faire chez soi avant la séance de TP

- Lire tout le sujet
- Partie **1** à faire : doit être faite avant la séance de TP. Ne doit pas être abordée pendant la séance de TP. Sera présentée au professeur en début de séance.

Revoir les notions suivantes

- Notion de perturbation
- Correction proportionnelle
- Moment d'une force
- Dans le domaine fréquentiel (lieu de Bode) : marges de stabilité, pulsation de coupure à 0dB.



## Vous disposez

- Du sujet



## Vous devez rendre

- Rédaction sur cahier de TP.



### Cahier des charges de l'asservissement du bras Maxpid : exigences

Exigence	Performance	Critère	Contrainte
E1	Stabilité	EB => SB Marge de gain Marge de phase	Stable $MG > 8\text{dB}$ $MP > 45^\circ$
E2	Précision	Erreur statique de position	$\varepsilon_s < 1^\circ$
E3	Rapidité	Temps de réponse à 5% Pulsation de coupure 0dB de la FTBO	$T_{R5} < 500\text{ms}$ $\omega_{c0dB} > 50 \text{ rad/s}$
E4	Amortissement	1 <sup>er</sup> dépassement relatif	$Dr_1 < 10\%$

## 1<sup>ère</sup> PARTIE : TRAVAIL DE PRÉPARATION

**Cette partie se fait individuellement.  
Elle se prépare avant la séance de TP... chez soi.**

Lire la présentation et le contexte de l'étude. Bien se référer au schéma bloc de la 3<sup>ème</sup> partie (simulation), pour la suite.

**Q1.** Reportez-vous au schéma bloc donné dans la partie 3, simulation. Repérez le bloc de fonction de transfert  $H_{meca}(p) = \frac{\text{angle bras}(p)}{\text{angle rotor}(p)}$ .

Reportez-vous à l'annexe 1 : la loi entrée-sortie géométrique de Maxpid, rapport  $\frac{\text{angle bras}}{\text{angle rotor}}$ , n'est pas linéaire. Par conséquent le gain  $H_{meca}$  varie lors du déplacement du bras. Cela confère au système un comportement NON linéaire non compatible avec les hypothèses d'étude des SLCI.

La linéarisation est toutefois possible :  $H_{meca}$  peut être considérée constante pour un fonctionnement de Maxpid avec de faibles variations d'angles autour d'une position donnée.

- Donner la valeur de  $H_{meca}$  si nous étudions l'asservissement dans la position du bras de 60°.

**Q2.** Déterminer l'expression littérale du gain d'adaptation de consigne  $K_{adapt}$ .

**Q3.** Donner la valeur du gain du bloc nommé « conversion ».

**Q4.** Reportez-vous à l'annexe 2 : vous lisez que la constante de vitesse du moteur CC est  $K_{vit} = 182 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{V}^{-1}$ . La constante de force électromotrice (fem) du moteur est donc  $K_e = \frac{1}{K_{vit}} = \frac{1}{182} = 54,9 \cdot 10^{-4} \text{ V} \cdot \text{min} \cdot \text{tr}^{-1}$ .

Couple de démarrage à $U_a$	mNm	511
Courant de démarrage à $U_a$	mA	11600
Constante de couple	mNm/A	52.5
Constante de vitesse	tr/min/V	182
Pente vitesse/couple	$\alpha/\text{mm/mNm}$	7.17
Vitesse limite	tr/min	3000

- Montrer que les unités  $\text{V} \cdot \text{s} \cdot \text{rad}^{-1}$  et  $\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$  ont la même dimension.
- Convertir la valeur de  $K_e$  en  $\text{V} \cdot \text{s} \cdot \text{rad}^{-1}$ .
- A quelle autre grandeur visible dans le tableau constructeur est donc égale la constante de fem ? (Et non, ce n'est pas un hasard !)

## 2<sup>ème</sup> PARTIE : EXPERIMENTATION

### Manipulations

- Reportez-vous à l'annexe 3 pour utiliser Maxpid.
- Menez une série de manipulation de manière à pouvoir remplir un tableau synthétique similaire à celui indiqué ci-dessous. Le bras doit être équipé de 3 masses.

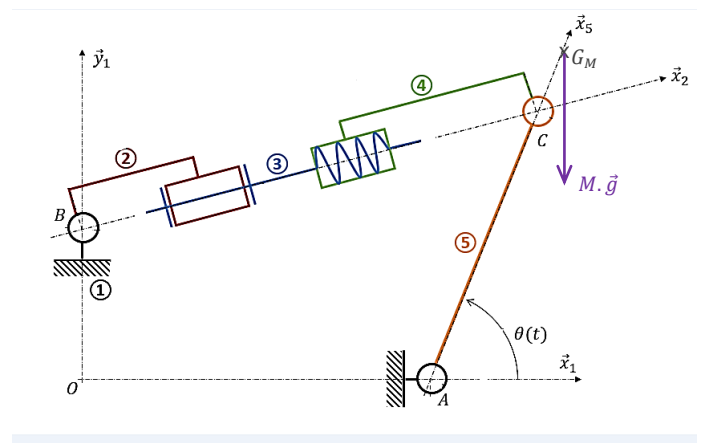
Vous devrez évaluer :

- l'intensité moteur quand le bras est stabilisé
- l'erreur statique
- Y a-t-il saturation de la tension d'alimentation moteur ? Si oui, valeur  $U_{sat}$  ? Si oui, durée de la saturation ?

Bras équipé de 3 masses	Consigne bras 10° système posé sur la table en position verticale	Consigne bras 80° système posé sur la table en position verticale	Consigne bras 10° mais système posé sur la table en position horizontale
Réglage correcteur : <b>Kp = 40</b> Ki=Kd=0	(1)	(2)	(3)
Réglage correcteur : <b>Kp = 200</b> Ki=Kd=0	(4)	(5)	(6)

### Analyse - Conclusion

- Si vous avez déjà permuté : comparer avec les résultats simulés.
- Quelle est la cause de l'imprécision (erreur statique non nulle) ?
- Pourquoi l'erreur statique est-elle nulle quand le système est posé en position horizontale sur la table ?
- Pourquoi l'intensité absorbée augmente-t-elle avec l'imprécision ?
- Effet de la correction proportionnelle ?
- Donner l'expression du moment perturbateur  $\overline{M}_\Delta(perturbation)$  en fonction de : poids des masses  $M\vec{g}$ , rayon du bras  $R = AG_M$ , angle du bras/axe horizontal  $\theta_{bras}$ . Explicitez l'axe  $\Delta$ . En quoi cette expression confirme les conclusions précédentes...



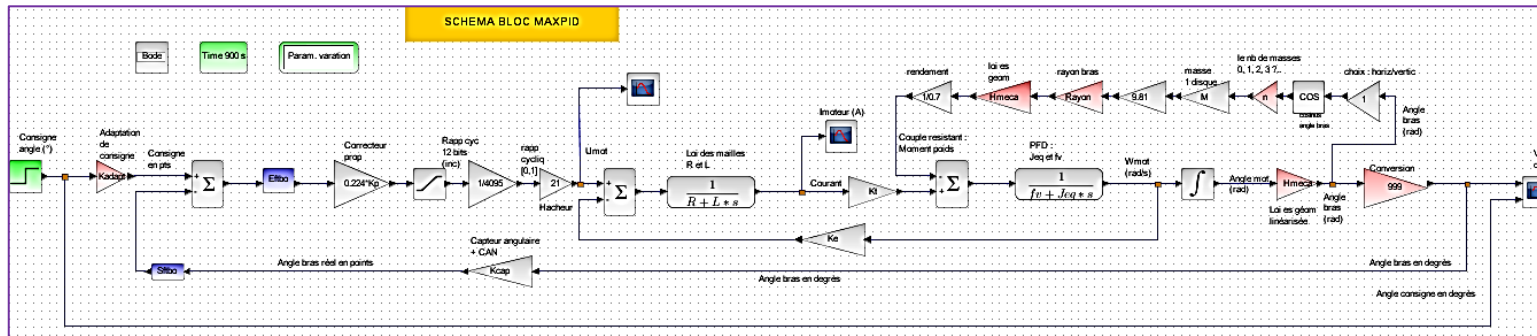
**FIN DE LA PARTIE 2 : Permutation**

## PARTIE 3 - SIMULATION

Ouvrez le logiciel *Scilab 5.32b* à partir du bureau du PC (dossier « logiciel mathématique »), et non par une recherche Windows (sinon vous ouvrirez une mauvaise version sans vous en rendre compte).

Ouvrez le schéma bloc « *Schema\_bloc\_Maxpid – eleve* », dans le module *Xcos* de *Scilab*.

Vous obtenez un schéma bloc qui ressemble à ceci :



Pour saisir les valeurs définies de manière formelle : *clic droit sur le fond d'écran/modifier le contexte*, etc.

### Finalisation du schéma bloc simulé

- Saisissez la valeur des gains des **blocs rouges**  $H_{meca}$ ,  $K_{adapt}$ . Cette saisie est rapide car ces gains ont été calculés chez vous en travail préparatoire « maison ».
- Saisissez  $n$ ,  $Rayon$  (=éloignement masse/axe bras à mesurer sur le système).
- Saisissez la valeur du bloc nommé « **conversion** ».

### Simulation

Vous devez lancer une série de simulations pour remplir un tableau similaire à celui-ci.

	Consigne bras 10° système posé sur la table en position verticale	Consigne bras 80° système posé sur la table en position verticale	Consigne bras 10° mais système posé sur la table en position horizontale
Réglage correcteur : <b>Kp = 40</b> Ki=Kd=0	(1)	(2)	(3)
Réglage correcteur : <b>Kp = 200</b> Ki=Kd=0	(4)	(5)	(6)

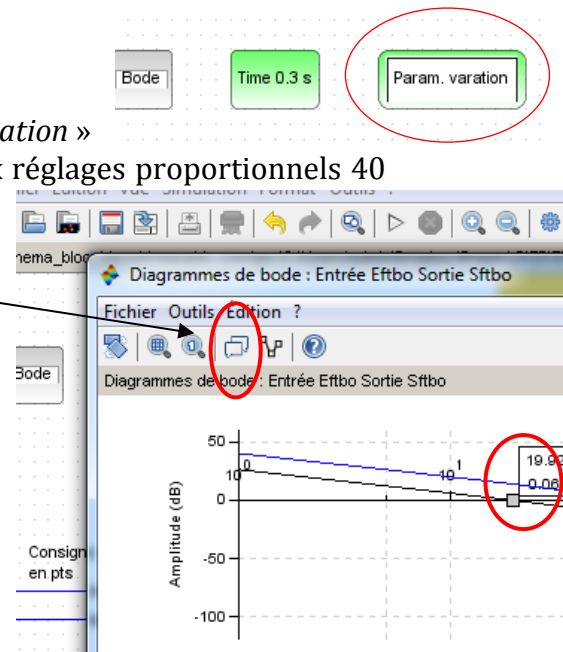
Vous devrez évaluer :

- Le respect des marges de stabilité du cahier des charges et de la pulsation de coupure
- l'intensité moteur quand le bras est stabilisé
- l'erreur statique

- Y a-t-il saturation de la tension d'alimentation moteur ? Si oui, valeur  $U_{sat}$  ? Si oui, durée de la saturation ?

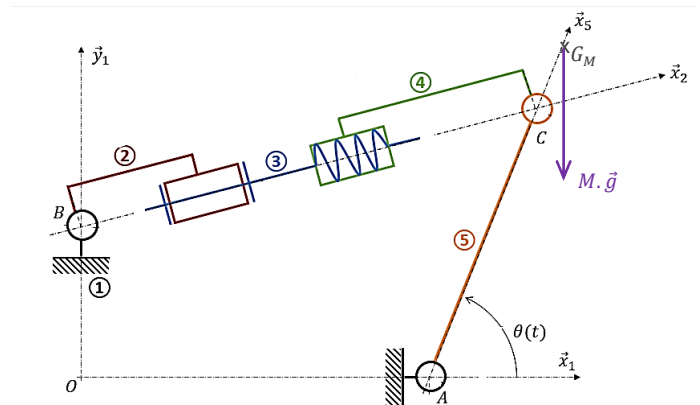
Indication importante 1 : utiliser le bloc « paramètre variation » pour simuler simultanément l'asservissement pour les deux réglages proportionnels 40 et 200.

Indication importante 2 : utiliser les « datatips » pour visualiser les valeurs d'abscisse et ordonnée des points des courbes.



### Analyse - Conclusion

- Si vous avez déjà permuté : comparer avec les résultats expérimentaux.
- Quelle est la cause de l'imprécision (erreur statique non nulle) ?
- Pourquoi l'erreur statique est-elle nulle quand le système est posé en position horizontale sur la table ?
- Pourquoi l'intensité absorbée augmente-t-elle avec l'imprécision ?
- Effet de la correction proportionnelle ?
- Donner l'expression du moment perturbateur  $\overrightarrow{M_{\Delta}(\text{perturbation})}$  en fonction de : poids des masses  $M\vec{g}$ , rayon du bras  $R = AG_M$ , angle du bras/axe horizontal  $\theta_{bras}$ . Explicitez l'axe  $\Delta$ . En quoi cette expression confirme les conclusions précédentes...



**FIN DE LA PARTIE 3 : Permutation**

**FIN DU SUJET**

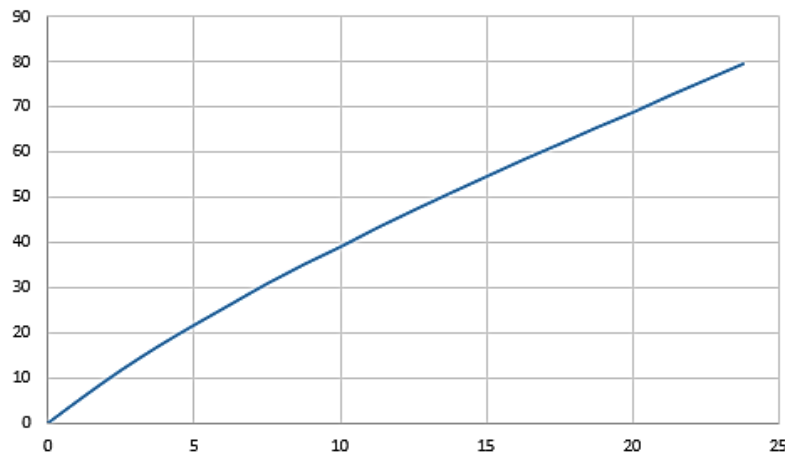
## Annexe 1 : loi entrée sortie géométrique du bras Maxpid

La courbe ci-contre représente :

- En abscisse l'angle de rotation du rotor moteur en tours
- En ordonnée l'angle du bras correspondant en °

Cette courbe a été réalisée par mesures sur le système réel.

Maxpid : loi entrée sortie géométrique expérimentale ,  
angle bras (°) - rotation vis (tr)



MESURES			PENTES CALCULÉES (interpolation)		
Mesure n°	Angle rotor (vis) tr	Angle bras (°)	Pente courbe °/tr	Pente courbe rad/rad	inverse pente (= 1/pente) rad/rad
1	0	0	5,15	0,0143	69,9
2	1,25	6	4,68	0,0130	76,9
3	2,5	11,7	4,32	0,0120	83,4
4	3,75	16,9	4,00	0,0111	90,0
5	5	21,7	3,76	0,0104	95,7
6	6,25	26,3	3,57	0,0099	100,9
7	7,5	30,9	3,38	0,0094	106,5
8	8,75	35,1	3,27	0,0091	110,0
9	10	39	3,18	0,0088	113,4
10	11,25	43,2	3,11	0,0086	115,7
11	12,5	47,1	3,05	0,0085	118,1
12	13,75	50,9	2,99	0,0083	120,6
13	15	54,6	2,93	0,0081	122,9
14	16,25	58,3	2,88	0,0080	125,0
15	17,5	61,8	2,84	0,0079	126,8
16	18,75	65,4	2,80	0,0078	128,6
17	20	68,8	2,78	0,0077	129,3
18	21,25	72,5	2,76	0,0077	130,2
19	22,5	76	2,74	0,0076	131,2
20	23,75	79,5	2,73	0,00757	132,1

Les relevés expérimentaux avec le calcul de la pente en chaque point par interpolation sont donnés dans le tableau ci-contre.

## Annexe 2 : caractéristiques constructeur du moteur CC

### 6.3 Document constructeur du moteur à courant continu

Type Produit **RE035G**

PAGE 1

41W

97W

MAXON

### CARACTERISTIQUES

24V

Tension d'alimentation (Ua)	V	24
Vitesse au courant In	tr/mn	3493
Couple au courant In	mNm	113
Courant max permanent (In)	mA	2150
Vitesse à vide à Ua à +/- 10%	tr/mn	4303
Courant à vide à +/- 50%	mA	92,8
Couple de démarrage à Ua	mNm	611
Courant de démarrage à Ua	mA	11600
Constante de couple	mNm/A	52,5
Constante de vitesse	tr/mn/V	182
Pente vitesse/couple	tr/mn/mNm	7,17
Vitesse limite	tr/mn	8200
Puissance utile max. à Ua	W	69
Rendement maximum	%	85,5
Constante de temps électromécanique	ms	5,23
Inertie	gcm²	69,6
Résistance aux bornes	Ohm	2,07
Inductivité	mH	0,62
Résistance thermique Boîtier/Ambiant	K/W	6,2
Résistance thermique Rotor/Boîtier	K/W	2



## ANNEXE 3 : mise en toute de Maxpid, essai basique

- Mettre Maxpid posé en position verticale sur la table (en général c'est la position naturelle à votre entrée au labo)
- Equiper le bras de trois masses (par exemple)
- Mettre le système sous tension (interrupteur rouge sur le coté gauche du système)
- Ouvrir l'applcatif Maxpid (bureau du PC), établissez la connexion PC/système.
- Cliquer « travailler avec Maxpid », puis « réponse à une sollicitation ».
- Réglage PID, par exemple :  $K_p=70$ ,  $K_i=0$ ,  $K_d=0$

