

Objectifs :

Caractériser l'influence du gain d'une commande asservie sur le comportement global du système.
Caractériser les sous-ensembles composant le système.
Évaluer les performances d'un système commandé linéairement à travers un modèle numérique.

Organisation et conditions de réalisation

Durée : séance de 2 heures en travail expérimental et prise de note puis une séance d'une heure pour synthèse et rédaction.
Ressources : Vidéo, cours, dossier ressources, modèle Simulink, didacticiel 'Simscape-Simulink-MATLAB'
Restitution : Rédaction d'un document contenant les réponses au questionnaire
Organisation : Travail en binôme avec rédaction d'un compte rendu

Critères d'évaluation :

- Pertinence des réponses apportées
- Soins apportés à la rédaction
- Comportement durant la séance et participation au travail demandé
- Autonomie et respect des consignes

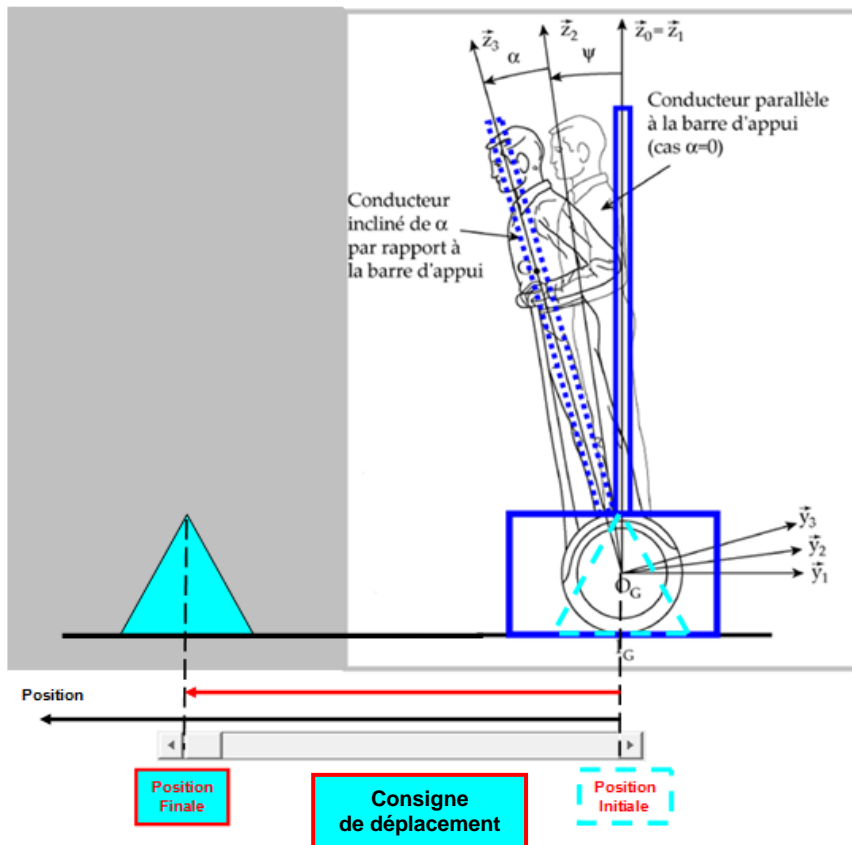
PROBLEMATIQUE

Un système peut être naturellement instable et s'équilibrer par un système d'asservissement. C'est le cas des gyropodes qui utilisent le principe du pendule inversé, un peu comme si on tenait en équilibre un balais à l'envers. Ce système doit alors s'équilibrer dans une position normalement instable.

MISE EN SITUATION

Sur un gyropode l'utilisateur est debout et n'a pas besoin de poser le pied par terre ni pour trouver son équilibre ni pour avancer. C'est le premier moyen de transport à deux roues qui a une stabilisation dynamique, assurée par un système d'asservissement des roues grâce à des capteurs d'inclinaison (utilisant des gyroscopes vus dans la séance de lancement). On peut noter trois avantages remarquables : la marche avant et marche arrière, la rotation sur place (rayon de braquage nul) et le maintien de l'équilibre en position stationnaire.

Ce système est naturellement instable et s'équilibre par un système d'asservissement.



$$\chi(t) = \alpha(t) + \psi(t).$$

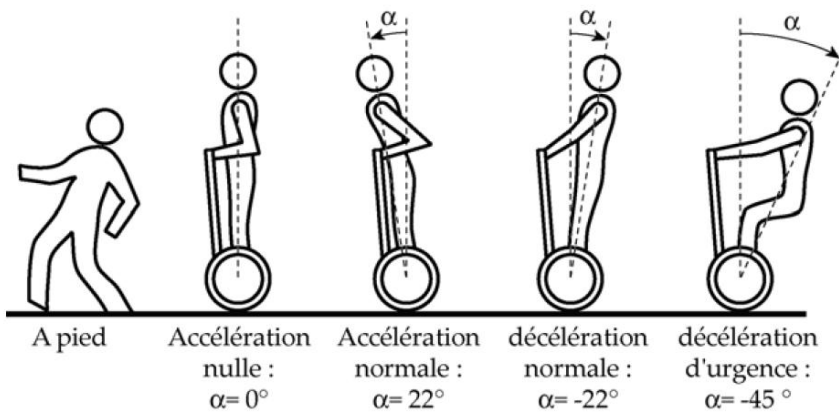
$\chi(t)$: Représente l'angle d'inclinaison du conducteur par rapport à la verticale.

$\alpha(t)$: Représente une consigne d'accélération vue comme une perturbation dans la chaîne d'asservissement.

$\chi(t) = \psi(t)$ lorsque le conducteur est à vitesse constante.

Figure1 : Modèle réel et pendule inversé

Définition des angles α et ψ :



L'angle α vu comme une perturbation dans la chaîne d'asservissement permet au gyropode d'accélérer ou de décélérer. Une fois acquise, la vitesse est maintenue constante pour $\alpha=0$.

Figure 2 : Configuration angulaires

Le conducteur agit directement sur la valeur de $\alpha(t)$ pour accélérer ou décélérer. Pour le système Segway®, conducteur exclu, le paramètre $\alpha(t)$ peut être considéré comme une perturbation.

Ψ : Représente l'angle d'inclinaison du châssis par rapport à la verticale

3. EXPLOITATION DES COURBES DE REPONSES D'UN SYSTEME ASSERVI

Un système asservi ou régulé se comporte la plupart du temps comme un système du second ordre. Pour qualifier sa réponse, on se rapproche de la réponse temporelle du second ordre. Le système peut avoir un comportement stable ou instable.

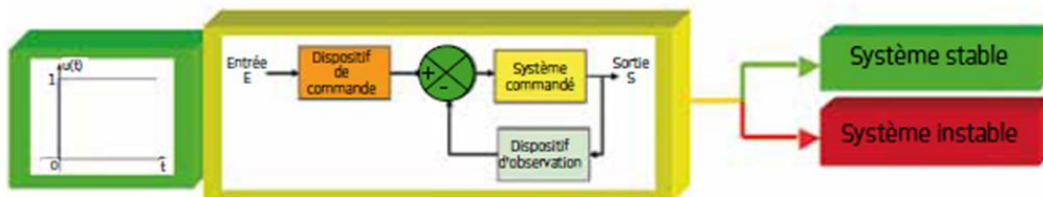


Figure2 : Analyse indiciale des systèmes du premier ordre et du deuxième ordre

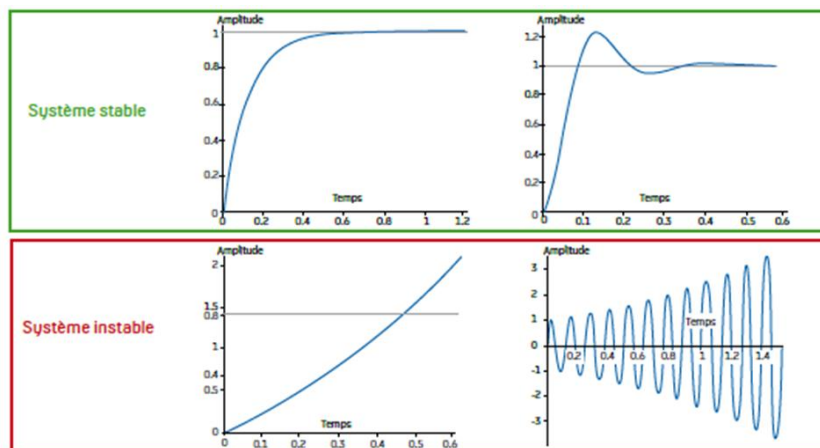


Figure 3 : Réponse indiciale système stable/instable du premier et du deuxième ordre

Afin d'analyser la réponse indiciale du système d'asservissement (réponse à un échelon unité), on effectue plusieurs simulations permettant d'ajuster la correction adéquate à mettre en œuvre.

La correction peut s'effectuer en ajustant trois paramètres :

Kp : Correction proportionnelle permet d'ajuster le gain de la chaîne directe.

Kd : Correction dérivée, introduit un déphasage avance par le correcteur

Ki : Correction intégrale, apporte un déphasage retard par le correcteur

La réponse indicielle d'un système asservi du deuxième ordre à un échelon d'amplitude E_0 , sans oscillation peut être, en première approximation, assimilée à la courbe de réponse d'un système du premier ordre ayant un retard.

Réponses indicielles d'un système asservi :

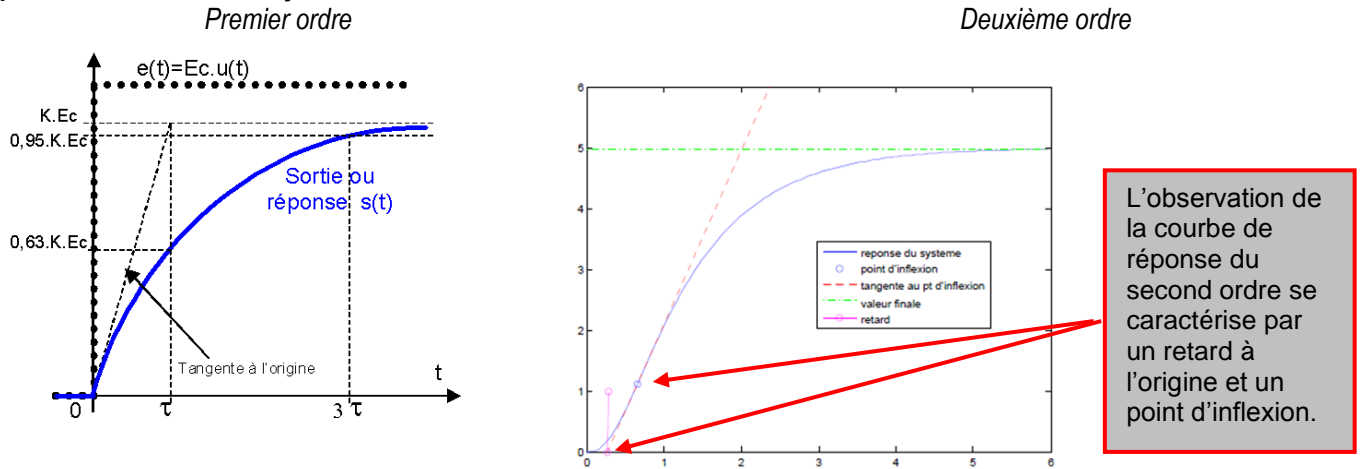


Figure 4 : Réponse indicielle 1er et du deuxième ordre

4. MODELE SIMULINK DU PENDULE INVERSE ET EXPLOITATION DES COURBES DE REPONSES

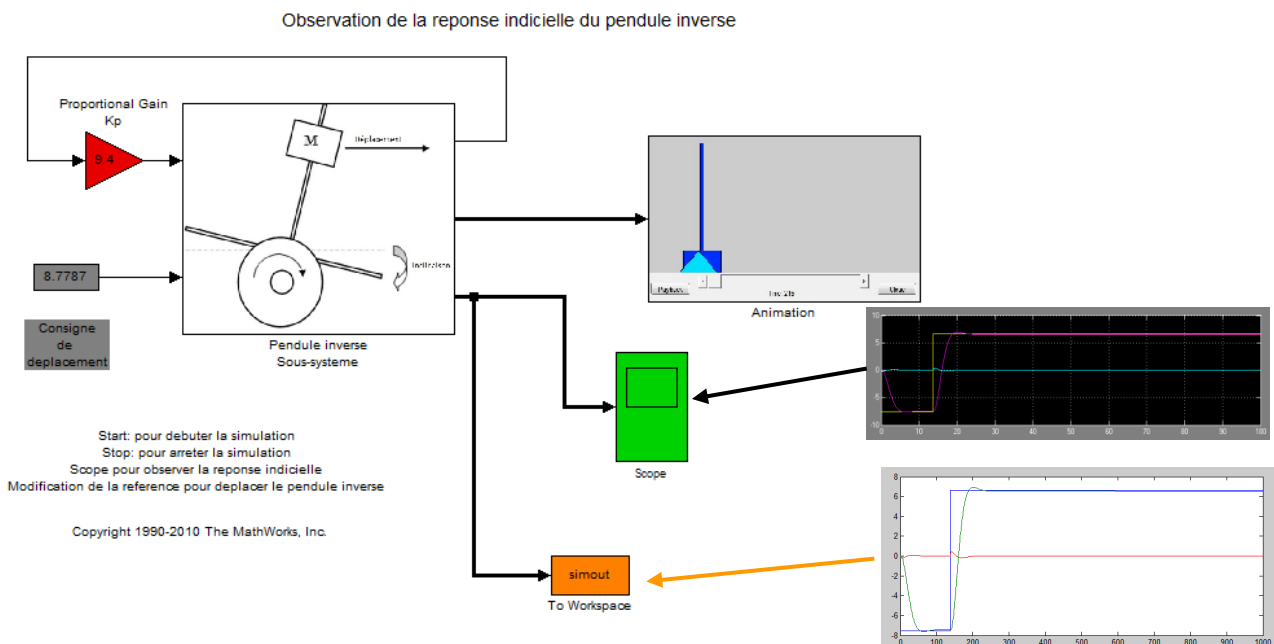


Figure 5 : Modèle Simulink

On agit sur le paramètre K_p , proportionnel du système asservi.

- 1- A partir du modèle Simulink, lancer l'application pour un gain proportionnel $K_p=9$. Tracer la courbe de la réponse indicielle 'y' à partir de l'espace de travail (Workspace).
- 2- Déterminer en analysant la courbe, si le système asservi est stable ou instable.
- 3- Déterminer s'il y a la présence d'un retard et d'un point d'inflexion afin de déterminer s'il s'agit d'un système du premier ordre ou du second ordre (voir courbes page 2).
- 4- Quel paramètre K_p , K_d ou K_i engendre ce retard à l'origine ?

5. EFFET DU CORRECTEUR PROPORTIONNEL DU SYSTEME ASSERVI

On lance la simulation avec différentes valeurs du gain proportionnel

Gain Proportionnel	Réponse à un échelon (référence)	Observation temporelle (Scope)	Exploitation des courbes 'y' (Workspace)	erreur statique $e(t) - s(t)$ qd $t \rightarrow \infty$
2	-9 à 9	x	x	
9	-9 à 9	x	x	
12	-9 à 9	x	x	

- 5- L'erreur indicielle est l'erreur entre une entrée en échelon et la sortie du système. Mesurer graphiquement sur la courbe 'y' du workspace l'erreur statique (ou indicielle) pour les trois valeurs du gain proportionnel et reporter ces valeurs sur le tableau.

6. CONCLUSION

Conclure en cinq lignes quant à l'apport de la correction proportionnelle dans le système asservi.