

## **TRAVAUX PRATIQUES - ASSERVISSEMENT CONSIGNE SINUSOÏDALE**

### **T.P. Consigne Sinus Sollicitation**

**Secteur d'activité :  
ROBOTIQUE AGRICOLE**

**Support :  
CHAINE FONCTIONNELLE  
ASSERVIE**

#### **Sujet du TP**

- **SOLLICITATION SINUSOÏDALE**
- **REPONSE ET CALCUL DE POINTS CARACTERISTIQUES**

#### **Connaissances visées**

- **ETUDE FREQUENTIELLE THEORIQUE**
- **ANALYSE DE LA REPONSE A UNE ENTRE SINUSOÏDALE**
- **DETERMINATION DE POINTS DE BODE**

#### **Pré-requis :**

- **Réponse à une entrée sinusoïdale théorique**

## PRESENTATION DE LA CHAÎNE MAXPID

La chaîne fonctionnelle MAXPID assure la motorisation de la position angulaire d'un axe de robot. La liaison pivot peut présenter un axe de rotation parallèle à la direction de la pesanteur (on appelle cette position : *horizontale*) ou un axe de rotation horizontal (on appelle cette position *verticale*).

Le logiciel de commande permet de piloter les déplacements du bras en position angulaire et en vitesse angulaire. Il permet aussi de visualiser l'évolution de certains paramètres au cours des déplacements comme : la position angulaire  $\theta$  ou le courant moteur  $I_m$ .

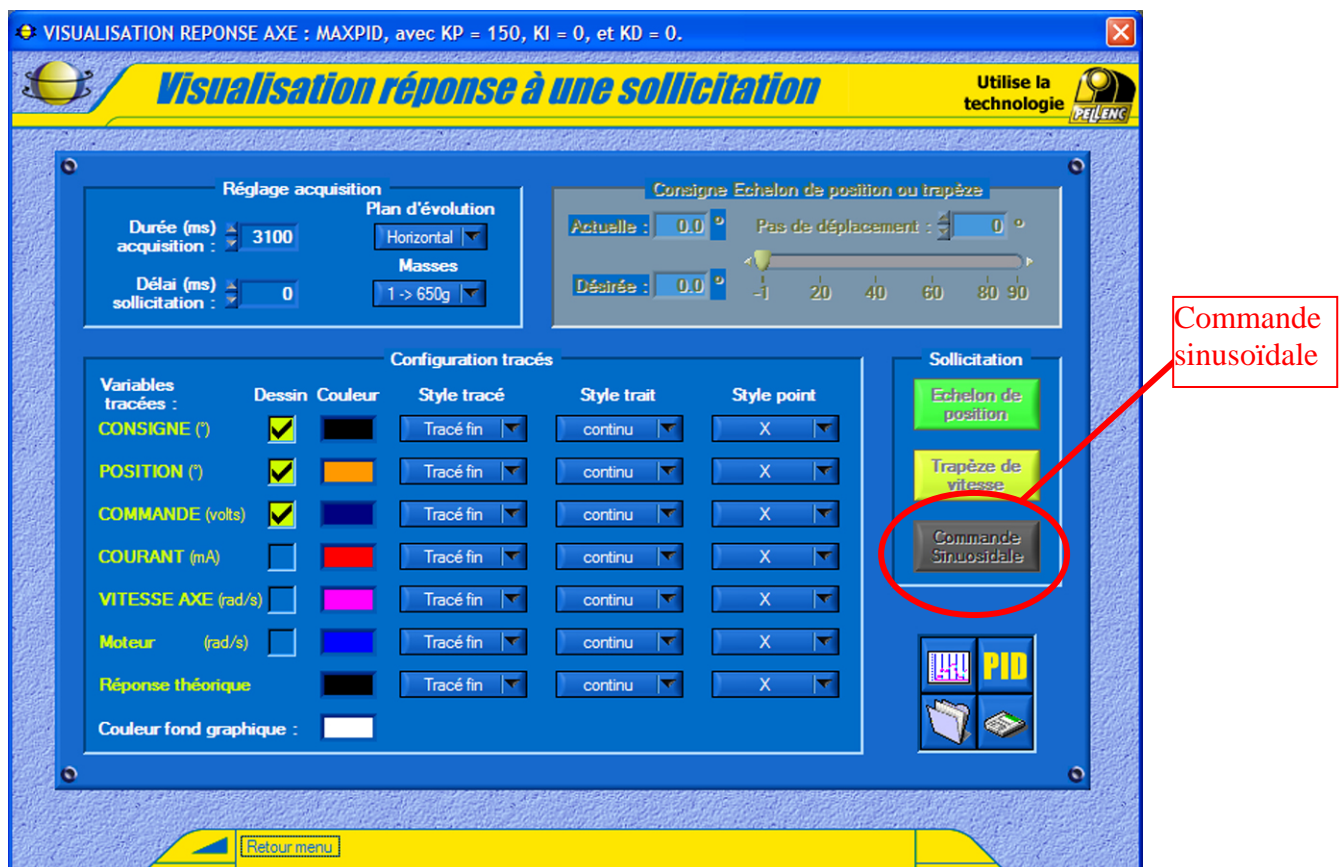
**La dernière version (2008) du logiciel permet aussi de créer une consigne sinusoïdale de la chaîne.** Cette consigne fait l'objet de ce TP.

## 1 - PRESENTATION DE LA CONSIGNE SINUSOÏDALE SUR LE LOGICIEL MAXPID

La consigne sinusoïdale permet l'étude fréquentielle du comportement de la chaîne. Ce type de sollicitation est peu fréquent dans le cas d'une commande asservie d'un système mécanique. En effet la bande passante des systèmes mécaniques est réduite. Ce phénomène est mis en évidence dans ce TP.

### 1.1 Présentation de la consigne sur le logiciel

L'écran de sélection des sollicitations est donné ci-dessous.



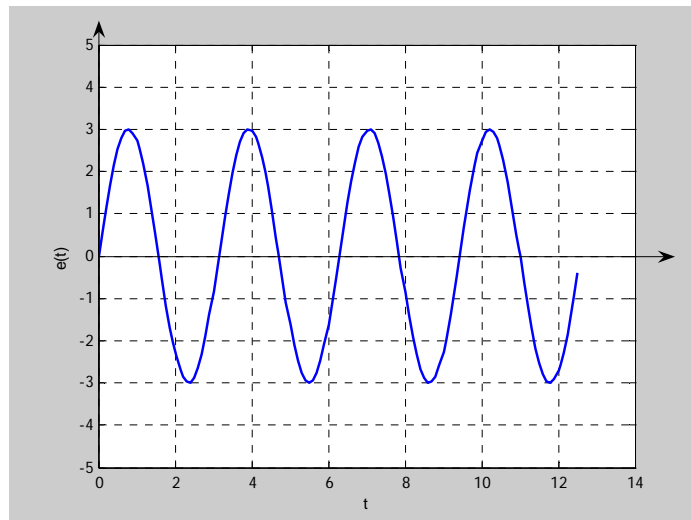
Cet écran va permettre de lancer une consigne sinusoïdale sur la boucle fermée de MAXPID.

A l'appui sur le bouton de commande sinusoïdale apparaît la fenêtre de paramétrage suivante :



La position médiane est fixée sur Maxpid à 45° pour des raisons de sécurité, le nombre de périodes limite la durée de relevé des mesures.

Tracé de la courbe de la courbe théorique de consigne  $e(t) = e_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$



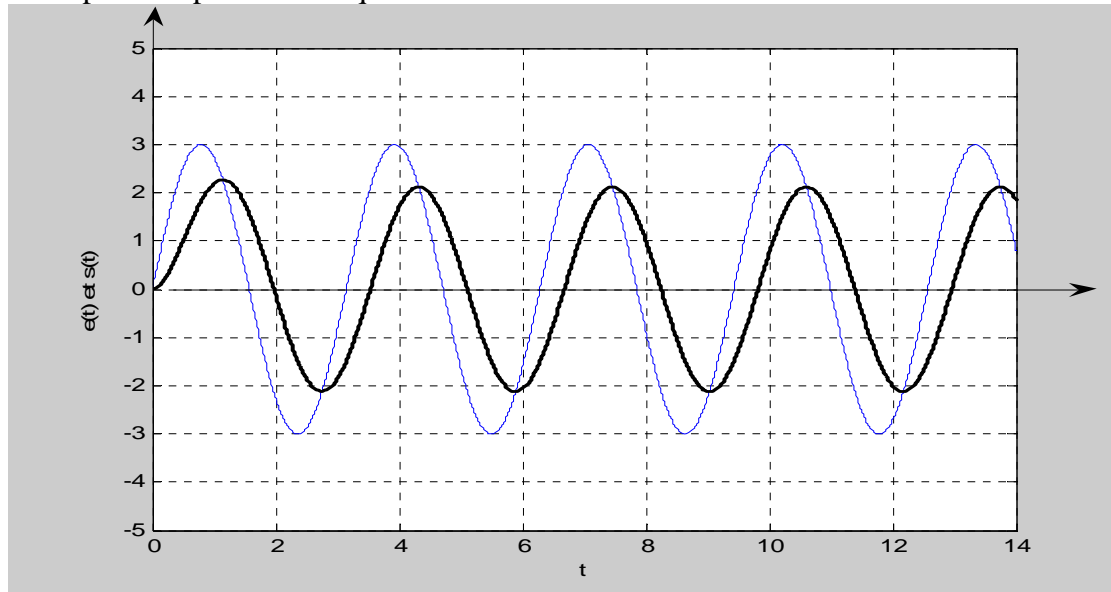
Afin de pouvoir paramétrer correctement cette consigne il faut établir des relations entre le modèle de consigne du logiciel (**As et Ps**) et le modèle théorique de consigne ( **$e_0$  et  $\omega$** )

- 1-1 : Lire sur la courbe donnée les valeurs de  $e_0$  et de  $\omega$
- 1-2 : Lire sur la courbe donnée les valeurs de **As** et de **Ps** (voir la fenêtre de paramétrage ci-dessus)
- 1-3 : Etablir les relations liant ces quatre variables
- 1-4 : Quel est l'intérêt de définir la durée en nombre de période (voir éventuellement le rappel de cours en fin de texte du TP)

## 12 : Lecture de la réponse avec ce logiciel

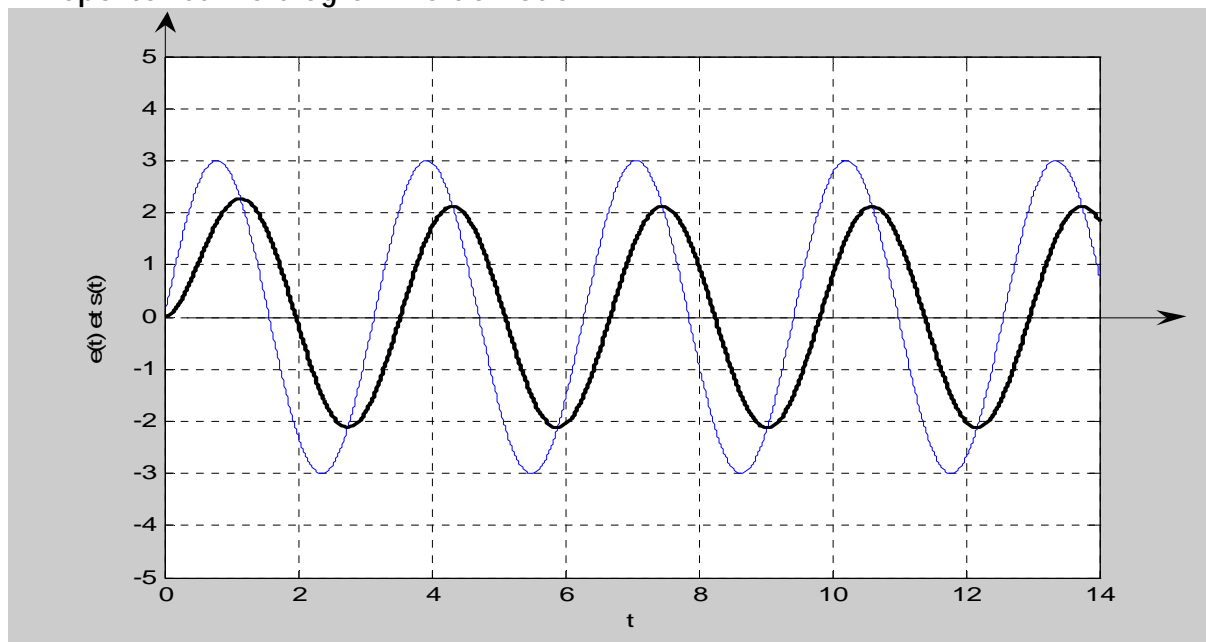
Afin de lire les réponses du logiciel, nous vous proposons de lire sur un exemple théorique la réponse à une entrée sinusoïdale à un système du premier ordre (voir rappel de cours en fin de TP).

Exemple de réponse théorique :



1-5 : Le graphe ci-dessus présente deux courbes dont l'une est l'entrée et l'autre la sortie. Identifier ces deux courbes et comparer ces tracés avec les réponses théoriques définies dans le document en fin de TP. Justifier votre réponse.

1-6 : L'entrée est de la forme  $e(t) = e_0 \sin(\omega.t)$  avec les mêmes valeurs de paramètres que ceux de la question 1-1. Déterminer en justifiant vos réponses les paramètres de la réponse théorique par mesure sur le tracé ci-dessous. En déduire  $A(\omega)$  et  $\varphi(\omega)$  pour ce cas, puis  $GdB = 20 \cdot \text{Log}(A(\omega))$  qui est le point à reporter sur le diagramme de Bode.



Pratiquer alors un essai sur MAXPID avec la partie opérative en position horizontale (axe de rotation principal du bras vertical). Choisir un premier essai sans masse embarquée. Cet essai correspond à un chargement minimum de bras et donc du moteur pour une sollicitation mécanique entraînant des variations de vitesses fortes. Régler la position médiane à  $45^\circ$  environ, l'amplitude à  $10,5^\circ$  et la période à 250 ms. Les paramètres du PID sont évidemment importants : choisir  $K_P = 80$ ,  $K_I = 0$  et  $K_D = 0$ . **Remarque : vous pouvez afficher les conditions de consigne en cliquant sur le bouton : Commentaires de la fenêtre d'affichage des mesures**

1-7 : Donner l'expression sous forme sinusoïdale de la consigne envoyée  $E_c$  (à partir du tableau de saisie). Relever ensuite l'expression numérique de la consigne sinusoïdale tracée  $E_{ct}$  sur le relevé. Comparer alors  $E_c$  et  $E_{ct}$  et donner votre analyse des différences entre elles.

1-8 : Vérifier que la sortie se comporte comme attendu dans le modèle théorique vu à la question 1-4. Relever les points caractéristiques permettant de définir l'expression sinusoïdale de la sortie. En déduire  $A(\omega)$ , GdB et  $\phi(\omega)$ .

## 2 – CAS LIMITES DE LA CONSIGNE SINUSOÏDALE

Maxpid est une chaîne asservie mécanique, la réponse fréquentielle se présente comme un filtre passe bas car un système mécanique ne peut « suivre » une consigne dont la fréquence est trop élevée. L'expérience suivante montre le comportement de la chaîne en limite de fréquence.

### 21 Consigne de fréquence limite

Pratiquer un essai sur MAXPID avec la partie opérative en position horizontale (axe de rotation principal du bras vertical). Choisir pour cet essai un fonctionnement sans masse embarquée. Cet essai correspond à un chargement minimum de bras et donc du moteur pour une sollicitation mécanique entraînant des variations de vitesses fortes. Régler la position médiane à  $45^\circ$  environ l'amplitude à  $10,5^\circ$  et la période à 77 ms. Les paramètres du PID sont évidemment importants : choisir  $K_P = 80$ ,  $K_I = 0$  et  $K_D = 0$ . **Remarque : vous pouvez afficher les conditions de consigne en cliquant sur le bouton : Commentaires**

2 - 1 : Tracer la réponse dans ce cas et analyser la réponse. Est-ce que cette réponse est acceptable en mode linéaire ? Ces comportements limites apparaissent-ils toujours à la même fréquence indépendamment des autres facteurs (masses, position verticale ou horizontale, réglage des paramètres PID etc....) ?

## Rappel de cours

consigne de  $\theta(t) = e(t)$ 

$$e(t) = e_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

 $\theta(t) = s(t)$ 

$$s(t) = s_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$$

Si on soumet un système linéaire à une entrée sinusoïdale  $e(t) = e_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$  alors sa réponse en **régime établi** est de la forme  $s(t) = s_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$ .

On appelle  $\frac{s_0}{e_0} = A(\omega)$  le rapport d'amplitude qui ne dépend que de  $\omega$  (et pas de  $e_0$ ).

On appelle  $\varphi(\omega)$  le déphasage qui ne dépend aussi que de  $\omega$  (et pas de  $e_0$ ).

Exemple de réponse théorique d'un système du premier ordre à une entrée sinusoïdale.

