

Sciences de l'Ingénieur  
TP n°5 - Introduction à Sisotool  
Réponse fréquentielle des SLCI

Nous allons maintenant voir comment déterminer la réponse fréquentielle d'un SLCI. Simulink ne nous sera pour cela d'aucune utilité puisqu'il est impossible de visualiser une réponse fréquentielle sous Simulink. Nous allons donc pour cela utiliser Matlab, ainsi qu'un autre outil du nom de Sisotool (siso signifiant Single Input-Single Output, ce qui implique que cet outil permet d'analyser les SLCI à une seule entrée et une seule sortie).

## 1 Détermination de la réponse fréquentielle sous Matlab

Une fois le système défini sous Matlab, par exemple sous le nom `sys`, il est très facile d'obtenir sa réponse fréquentielle :

- le diagramme de Bode peut être obtenu à l'aide de la commande `bode(sys)` ; une grille peut être rajoutée en faisant un clic droit dans la fenêtre de la courbe et en cliquant sur Grid, ou en tapant « grid » dans le fenêtre de commande sous Matlab,
- le diagramme de Black peut être obtenu à l'aide de la commande `nichols(sys)` ; l'abaque de Nichols (les isomodules et isophases) peut être rajouté en faisant un clic droit dans la fenêtre de la courbe et en cliquant sur Grid, ou en tapant « grid » dans le fenêtre de commande sous Matlab,
- le diagramme de Nyquist peut être obtenu à l'aide de la commande `nyquist(sys)` ; les pulsations négatives apparaissent par défaut, elles peuvent être masquées en faisant un clic droit dans la fenêtre de la courbe et en cliquant sur Show puis sur Negative Frequencies.

Là aussi, il est possible de faire apparaître un curseur en double-cliquant sur la courbe, puis de déplacer ce curseur à l'aide de la souris.

## 2 Détermination de la réponse fréquentielle sous Sisotool

L'outil Sisotool peut être lancé en utilisant la commande `sisotool` dans la fenêtre de commande de Matlab. Deux fenêtres vont alors s'ouvrir :

- la fenêtre de paramétrage de Sisotool, représentée à gauche sur la Figure 1,
- la fenêtre regroupant les différentes réponses fréquentielles, représentée à droite sur la Figure 1.

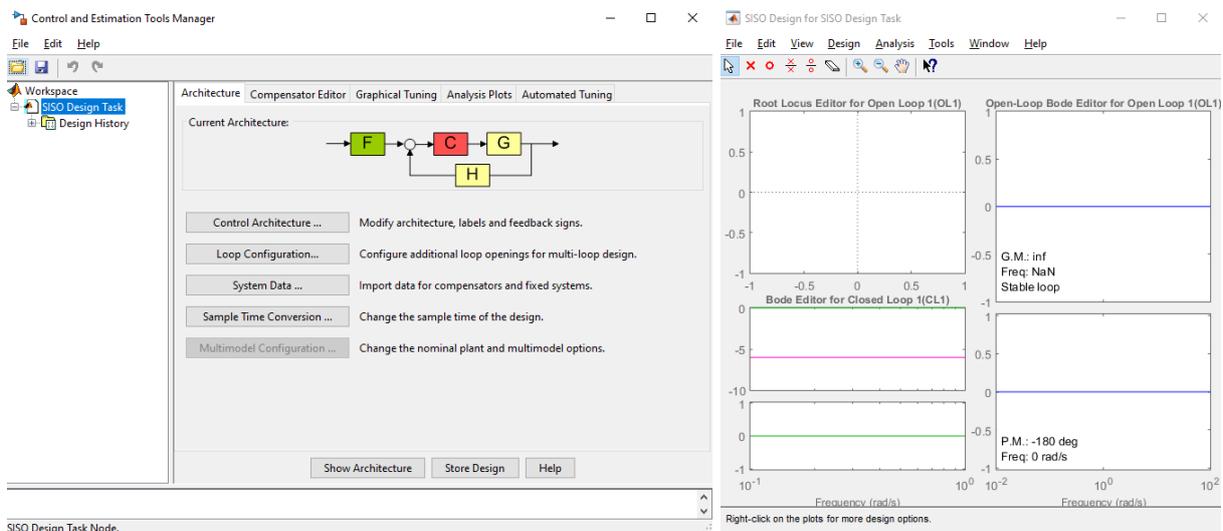


FIGURE 1 – Fenêtres de Sisotool

La fenêtre regroupant les différentes réponses fréquentielles contient par défaut le lieu d'Evans (non traité en cours, appelé ici Root locus), le diagramme de Bode en boucle fermée, et le diagramme de Bode en boucle ouverte. Il est possible de modifier les diagrammes fréquentiels affichés en cliquant sur View puis sur Design Plot Configurations. Il vous est possible d'afficher en même temps 5 diagrammes, dont :

- le diagramme de Bode en boucle ouverte,
- le diagramme de Bode en boucle fermée,
- le diagramme de Black en boucle ouverte.

Le gros avantage de ces diagrammes est qu'ils vont évoluer **en temps réels** (ce qui est impossible sous Matlab) lorsque vous modifierez les paramètres du système ou, inversement, qu'il vous sera possible de déplacer les courbes à la souris pour modifier les paramètres du système (ce qui est là aussi impossible sous Matlab). Il vous est possible, pour chaque diagramme, de rajouter une grille en faisant un clic droit dans la fenêtre associée puis en cliquant sur Grid. Pour chaque diagramme en boucle ouverte, Sisotool vous indique également la valeur des marges de gain et de phase, et si le système est stable ou non en boucle fermée. Il vous est également possible de tracer la réponse indicielle du système ou la réponse fréquentielle de la boucle ouverte dans le diagramme de Nyquist

en cliquant sur Analysis, ce qui vous permet d’observer en parallèle la réponse indicielle et la réponse fréquentielle du système dans plusieurs diagrammes fréquents, ce qui est parfait pour régler un correcteur en vue de respecter un cahier des charges donné.

Trois des cinq onglets de la fenêtre de paramétrage vont nous intéresser :

- onglet Architecture : l’architecture que nous allons utiliser pour les systèmes est celle indiquée par défaut. Il nous suffit ensuite de définir le contenu des différents blocs G (la chaîne directe), H (la rétroaction), et C (le correcteur). Pour ce faire, il suffit de cliquer sur le bouton System Data et de double-cliquer sur les données de la colonne de droite pour les modifier en les remplaçant par les noms qui ont été définis sous Matlab pour définir les fonctions de transfert équivalentes, ou en définissant les fonctions de transfert directement dans Sisotool.
- onglet Compensator Editor : le contenu de cet onglet est représenté sur la Figure 2. Cet onglet permet de régler le correcteur, le correcteur étant défini dans cet onglet comme le correcteur défini précédemment (sur la Figure 2, on a défini  $C(p) = \frac{1}{1+p}$ ) que multiplie un gain réglable. Ce gain peut être modifié à la main et son impact sur les diagrammes fréquents peut être observé en temps réel. Il vous est également possible de rajouter des zéros et/ou des pôles au correcteur en effectuant un clic droit sous le titre Dynamics, chaque zéro ou pôle réel et chaque couple de zéros ou pôles complexes conjugués se traduisant par une ligne, comme vous pouvez le voir sur la Figure 2 pour le pôle réel en  $p = -1$ . Il vous est ensuite possible de modifier la position de ces zéros ou pôles, soit en cliquant sur la ligne associée, soit en déplaçant les zéros (cercles rouges) et les pôles (croix rouges) dans les diagrammes fréquents.

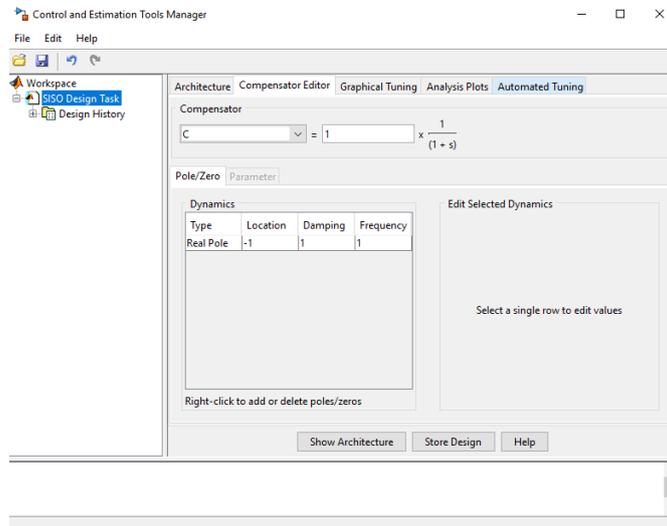


FIGURE 2 – Fenêtre de configuration du correcteur

- onglet Graphical Tuning : cet onglet permet de choisir les diagrammes fréquents affichés, de manière équivalente à ce que nous avons vu plus haut.

### 3 Exercices d'entraînement

#### 3.1 Réponse fréquentielle d'un système d'ordre 1

Tracer, en utilisant Matlab et/ou Sisotool, la réponse fréquentielle d'un système du 1<sup>er</sup> ordre, et observer l'influence du gain et de la constante de temps sur cette réponse fréquentielle.

#### 3.2 Réponse fréquentielle d'un système d'ordre 2

Tracer, en utilisant Matlab et/ou Sisotool, la réponse fréquentielle d'un système du 2<sup>e</sup> ordre pour différentes valeurs du facteur d'amortissement. Observer l'apparition de la résonance. Si vous en avez le temps, tracer la réponse fréquentielle d'un système du 2<sup>e</sup> ordre pour des valeurs du facteur d'amortissement de 0, 0.1, 0.2, ..., 2 **sur le même graphe** en utilisant Matlab.

#### 3.3 Précision et robustesse de systèmes d'ordre 1 et 2

Retrouver, en utilisant cette fois Sisotool, la valeur de l'erreur en régime permanent de systèmes d'ordre 1 et 2 pour une consigne en échelon. Retrouver ensuite la relation entre le nombre d'intégrateurs dans la boucle ouverte et la précision/robustesse de ces systèmes en boucle fermée avec retour unitaire pour une consigne ou une perturbation en échelon.