



# La simulation avec SIMULINK

Savoir utiliser SIMULINK

Régler les paramètres du simulateur

Régler les paramètres liés au temps des blocs constitutifs d'un schéma sous SIMULINK

## 1. Introduction

Il ne s'agit pas, dans ce document, de faire une analyse approfondie de la manière dont fonctionne **SIMULINK**. Le but est juste de se faire une idée pas trop éloignée de la réalité, afin d'éviter de grossières erreurs lors de la simulation.

SIMULINK est un simulateur possédant une **interface graphique**. On y assemble un schéma constitué de divers **blocs**. Ces derniers peuvent être de nature très différente (blocs linéaires continus, discrets, non linéaire....), ce qui peut parfois laisser perplexe...

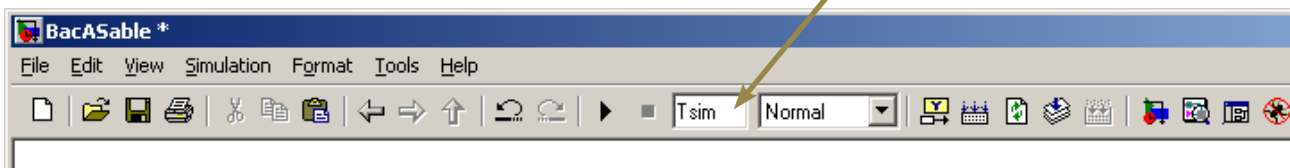
SIMULINK permet de **simuler un dispositif dans le temps**. Il est donc important de se faire une idée de la manière dont le temps est géré.

## 2. Le temps sous SIMULINK

Les paramètres qui jouent sur le temps lors des simulations se retrouvent à deux endroits :

- au sein du simulateur lui-même (le moteur de simulation, ODE)
- au sein des blocs que l'on dispose sur le schéma (une grande majorité, pas tous)

Au niveau du simulateur, un paramètre est incontournable : c'est la **durée de simulation**. Elle se règle dans la fenêtre :



Quoiqu'on en dise, système continu, discret...le temps est toujours discret ! Cela ne peut être autrement. Dire que l'on est à temps continu, c'est dire que l'on est à temps discret avec un pas de calcul ( $\Delta t$ , qui sépare deux points consécutifs) le plus petit possible.

### 3. Le simulateur

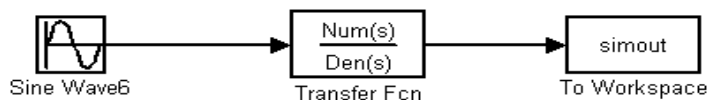
Le simulateur est paramétrable suivant les deux axes suivants :

- Continu / Discret
- Pas fixe / Pas variable

Ainsi, il peut être réglé de quatre manières différentes :

#### 3.1. Simulation continu, pas variable

C'est sans doute le mode le plus important, et que l'on peut conseiller au départ de toute simulation. Il permet de traiter, outre les schéma-bloc continu, les schémas mixtes continu / discret.



**Figure 1: Exemple de simulation qui ne peut passer que par une simulation continue**

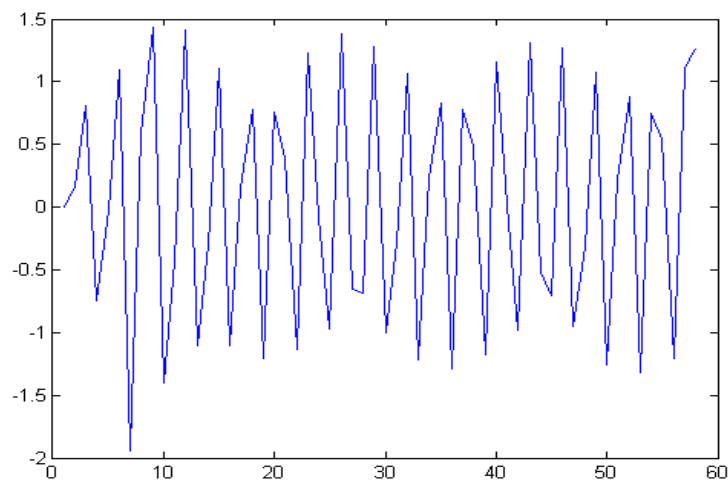
En effet, la fonction de transfert modélise un système continu, donc régi par des équations différentielles. La simulation discrète est ici interdite.

Ce schéma se compose :

- d'une source sinusoïdale
- D'un système continu (la fonction de transfert)
- D'une sonde de renvoi vers MATLAB

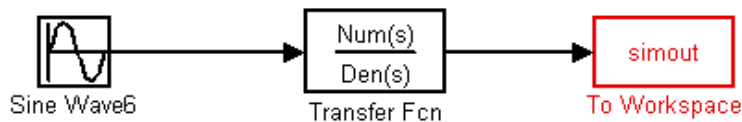
L'affichage dans MATLAB de *simout* est donné sur la figure 2.

Nous sommes en simulation continue, pas variable. Visiblement, le simulateur a été un peu avare dans le nombre de points calculés (58 ici): le pas de simulation est trop grand. La tentation est alors grande d'aller modifier le simulateur pour affiner le pas.



**Figure 2 : Tracé de Simout (Figure 1)**

Voici une solution alternative : imposer à la sonde un échantillonnage donné, par exemple  $T_{sim}/1000$ . Cela se fait dans le champ **Sample Time (TS)** du bloc *ToWorkspace* (voir Figure 3)

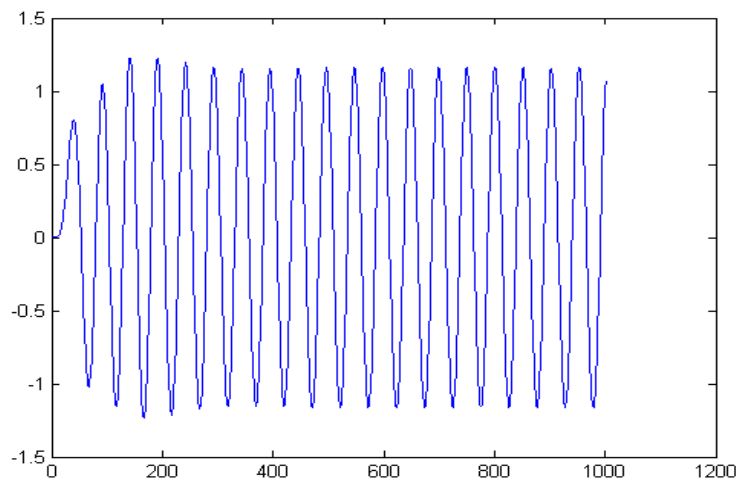


**Figure 3 : Modification de la Figure 1**

On note la couleur rouge de la sonde (il faut activer *Format > Port / Signal Displays > Sample Time Colors*).

Cette couleur indique que le design comporte une partie discrète, ici la sonde. Il s'agit donc d'un schéma **mixte continu / discret**. Le forçage, depuis le schéma, du pas d'affichage oblige le simulateur à pas variable à traiter au moins ces points là.

On obtient alors le signal **Simout** de la figure 4.:



**Figure 4 : Nouvel aspect du signal Simout**

**Remarque importante :** La présence d'un bloc continu dans le design, oblige la simulation à être continue. Or, le pas de cette dernière est souvent plus fin que le pas d'échantillonnage d'une fonction de transfert en  $z$  par exemple. Dans ce cas, entre deux instants d'échantillonnages, les points calculés sont maintenus égaux (effet de marche d'escalier). Dit autrement, ce genre de bloc inclut un bloqueur d'ordre 0. Pas besoin d'en rajouter un.

### 3.2. Simulation continu, pas fixe

Dans ce cas, on revient sur le premier schéma par exemple. Au lieu de paramétrer le bloc *To-Workspace*, on impose un pas de simulation dans le simulateur lui-même. Cela revient exactement à la même chose.

Objectons tout de même, que si le design devient compliqué (plusieurs blocs de périodes d'échantillonnages différentes, non multiples les unes des autres), il peut y avoir incompatibilité entre le pas de simulation du simulateur et le pas requis pour chaque bloc : la simulation échoue.

Mieux vaut donc éviter ce mode, et **préférer le pas variable** : on impose les points de passage dans le design lui-même, et on laisse au simulateur le soin d'affiner lui-même son pas de calcul en cours de simulation.

### 3.3. Simulation discrète, pas variable, pas fixe

Dans ce cas, il ne doit y avoir aucun élément continu sur le schéma. Les points sont calculés par une équation de récurrence, discrète.

Tout comme en continu, on a intérêt de travailler en pas variable, afin d'être sûr que chaque instant demandé au niveau des blocs du design sera calculé.

Précisons enfin, qu'il n'est pas nécessaire de spécifier explicitement *simulation discrète*. En effet, on peut très bien rester en *simulation continue*. Le simulateur basculera automatiquement en pas discret s'il le design le permet (ne comporte pas de bloc continu).

### 3.4. Conseils techniques, résumé (issues de l'aide SIMULINK)

- Choisir un Solver continu (Ode45 ou Ode23 conseillés).
- Préférer un pas variable
- Tracer le schéma en prenant soin de faire les bons choix pour le champ *TS*.

**Remarque 1 :** Utiliser les sondes (SINK) de type ToWorkspace. Le TS choisi sera celui souhaité pour l'affichage.

**Remarque 2 :** Parmi les sources, par exemple Sine Wave, on peut choisir la nature. Par exemple, en prenant  $TS=0$  (par défaut), la sinusoïde est à temps continu. En choisissant un TS fixe, on crée une sinusoïde échantillonnée bloquée. Elle peut donc être directement appliquée à un bloc de transformée en z.

**Remarque 3 :** Il est fortement recommandé d'activer les couleurs par fréquence d'échantillonnage : Format > Port / Signal Displays > Sample Time Colors

Cela permet d'affecter une couleur par nature de bloc continu / discret / discret 2 / discret 3 / ... sur le design saisi dans SIMULINK.

## 4. Gestion du temps dans les blocs sous SIMULINK

Un des grands intérêts de SIMULINK, c'est de pouvoir gérer le *multi-rate*, c'est à dire le fait de pouvoir traiter des systèmes échantillonnés à diverses fréquences.

Que l'on soit à temps continu, à temps discret, pas variable ou fixe, il convient de laisser le simulateur choisir lui-même ses propres contraintes sur les temps de calculs. Il se basera alors sur les informations temporelles de chacun des blocs, le champ **Sample Time (TS)**. Il est présent dans la majorité des blocs (sauf les blocs continus).

Valeurs possibles du champ *sample time* :

- **TS = 0** : les points calculés sont "au plus serrés". Les instants qui séparent chaque point sont définis par le **simulateur à temps continu**.
- **TS = valeur non nulle** : L'utilisateur précise, par exemple pour un bloc en z, la période d'échantillonnage de la transformée en z.

- **$T_s = -1$  (*Inhérit*)** : La période d'échantillonnage du bloc courant est la même que celle du bloc qui précède (en entrée).
- **$T_s = inf$**  : utilisé pour un bloc de type constante, qui n'évolue pas.

Ce sont donc les valeurs placées dans le champ *Sample Time* de chaque bloc qui oriente le simulateur au niveau temporel.

### 5. Bien travailler sous SIMULINK / .m

Un travail sérieux sous SIMULINK se fait toujours en collaboration avec l'utilisation d'un script MATLAB (extension .m).

Dans ce fichier, on précisera :

- Tous les paramètres de simulations (l'horizon de simulation, la ou les périodes d'échantillonnage.
- Les paramètres de fréquence et même d'amplitude des sources (sinusoïdales par exemple)
- les fonctions de transfert continues ou discrètes

Puis la simulation SIMULINK sera lancée par la commande *sim*.

Enfin, on exploitera les tableaux calculés par SIMULINK (affichage, diagrammes de Bode...)

Du coup, un lancement du script entraînera l'exécution de la simulation, suivie de l'affichage des résultats.