

TP7

SIMULATION DES VIBRATIONS AVEC SIMULINK



Prof. Smail ZAKI / Prof. Mohamed ABOUSSALEH

Année Universitaire : 2022-2023

Attention : Deux rapports identiques auront une note égale à 0.

Remarque Importante

Le rapport à rendre doit :

- Être clair et rédigé selon les normes de rédactions de rapport (page de garde, titre, table des matières, résumé, introduction, objectifs,, conclusions et recommandations).
 - Contenir les explications des objectifs visés par le TP.
 - Contenir les résultats et analyses.
-

L'objectif de ce travail pratique est de :

- Comprendre les bases de la simulation des vibration par Simulink.
 - Ecriture des équations adaptées au calcul numérique :
 - Construction de schémas-blocs
 - Étudier le comportement dynamique d'un système à 1DDL.
 - Etudier le comportement dynamique d'un système à 2DDL.
 - Simulation numérique d'une fonction échelon
 - Simulation numérique d'une fonction créneau
 - Simulation numérique d'une fonction Rampe
 - Prévoir les démarches pratiques à mettre en œuvre pour les applications industrielles,
 - Identifier les méthodes, normes et procédures nécessaires.
-

1. Introduction :

Tous les systèmes n'ont pas de solution analytique, c'est en particulier le cas quand l'excitation est complexe ou quand les systèmes sont non linéaires. Il est alors nécessaire d'utiliser des techniques de calcul numérique pour obtenir une solution approchée.

Le but de cette partie est de présenter une approche particulièrement conviviale de la résolution numérique, celle de la boîte à outils SIMULINK dans l'environnement MATLAB. Cette technique requiert une mise en forme des équations particulières et la construction d'un schéma bloc, représentant les équations, qui sera utilisé par le logiciel pour résoudre numériquement lorsque les paramètres appropriés seront entrés.

2. Ecriture des équations adaptées au calcul numérique :

Pour chaque équation, une variable distincte a sa dérivée d'ordre le plus élevé à gauche du signal égal est a un coefficient unité. Les autres termes sont écrits à droite du signal égal. Si on a dû diviser tous les termes à droite par le coefficient du terme à gauche, on laisse généralement le terme diviseur devant une parenthèse qui contient tous les termes de manière à bien identifier, dans le schéma bloc, le terme diviseur qui correspond souvent à un paramètre clef du système (la masse par exemple).

Exemple 1 :

L'équation suivante :

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + k x = f(t) \quad (5.40)$$

sera réécrite au sens de Newton :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{1}{m} \left[-c \frac{dx}{dt} - k x + f(t) \right] \quad (5.41)$$

Les équations suivantes :

$$\begin{cases} m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + k_1 x_1 - c_2 \frac{dx_2}{dt} = c_1 \frac{dx_s}{dt} + k_1 x_s \\ m_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} + k_2 x_2 + c_1 \frac{dx_1}{dt} = 0 \end{cases} \quad (5.43)$$

seront réécrites :

$$\begin{cases} \frac{d^2 x_1}{dt^2} = \frac{1}{m_1} \left[c_1 \frac{dx_s}{dt} + k_1 x_s - k_1 x_1 + c_2 \frac{dx_2}{dt} \right] \\ \frac{d^2 x_2}{dt^2} = \frac{1}{m_2} \left[-k_2 x_2 - c_1 \frac{dx_1}{dt} \right] \end{cases} \quad (5.44)$$

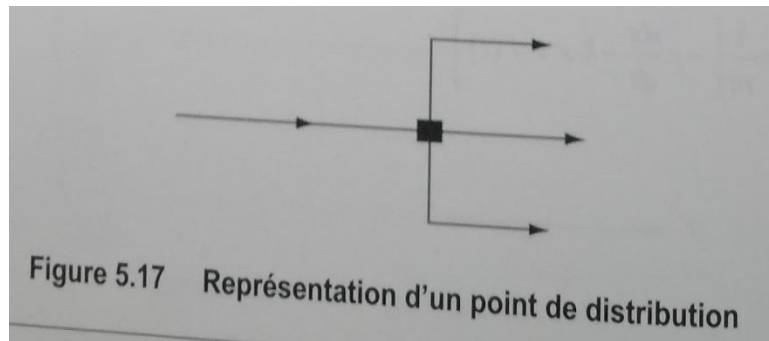
3. Construction de schémas-blocs

Différentes opérations telles que l'addition, la multiplication par une constante, l'intégration (on évite la dérivation à cause de son caractère instable en calcul numérique) sont représentées par des symboles et intégrées dans un schéma-bloc qui permet à l'ordinateur de procéder à la résolution numérique de l'équation.

Remarque : Les symboles utilisés dans le texte pour représenter les opérations sont très proches de ceux utilisés dans SIMULINK, ils pourront varier avec le logiciel, par contre le schéma général des lignes qui relient les opérations restera le même.

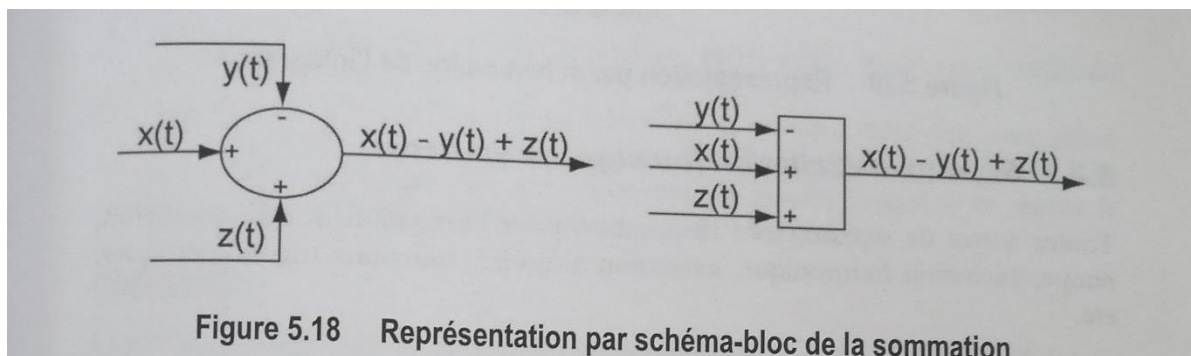
1. Point de distribution

Lorsqu'un signal se divise en deux embranchements ou plus, on appelle ce point un point de distribution. La figure 5.17 indique la représentation adoptée dans un tel cas.



2. Sommation

Quant deux ou plusieurs signaux s'additionnent, on obtient une opération de sommation, dont le schéma-bloc peut être donné de deux façon différentes masi équivalentes, telles que montrées à la figure 5.18.



3. Multiplication par une constante (ou gain)

La multiplication par une constante (ou gain) se représente très simplement par un bloc où la constante est indiquée comme sur la figure 5.19. En vibration, les gains seront composés des paramètres physiques de la structure (m, c, k) ou des paramètres modaux.

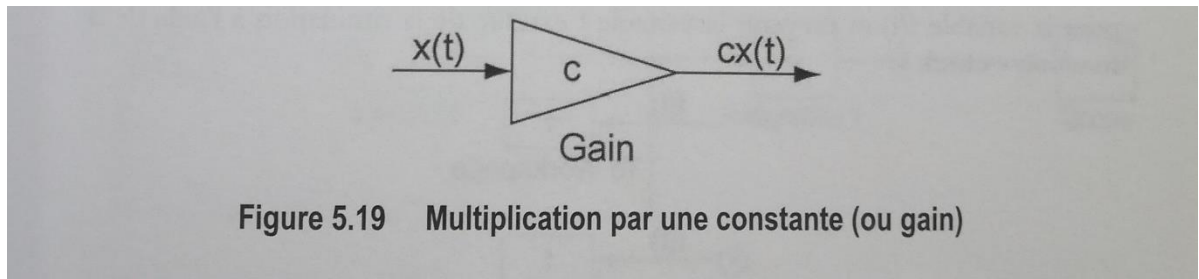


Figure 5.19 Multiplication par une constante (ou gain)

4. Intégration

L'intégration se représente par le symbole $1/s$ par référence à la représentation sous forme de fonction de transfert ou l'intégration est équivalente à la division par la variable s (figure 5.20). Un paramètre important à entrer sera la valeur initiale, point de départ de l'intégration numérique, c'est-à-dire $\dot{x}(0)$ dans l'intégrateur qui donne la vitesse et $x(0)$ dans l'intégrateur qui donne le déplacement.

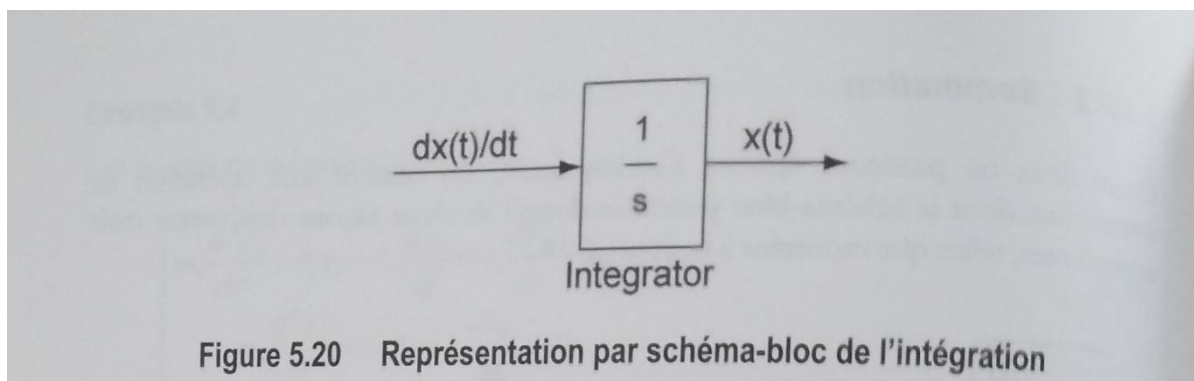


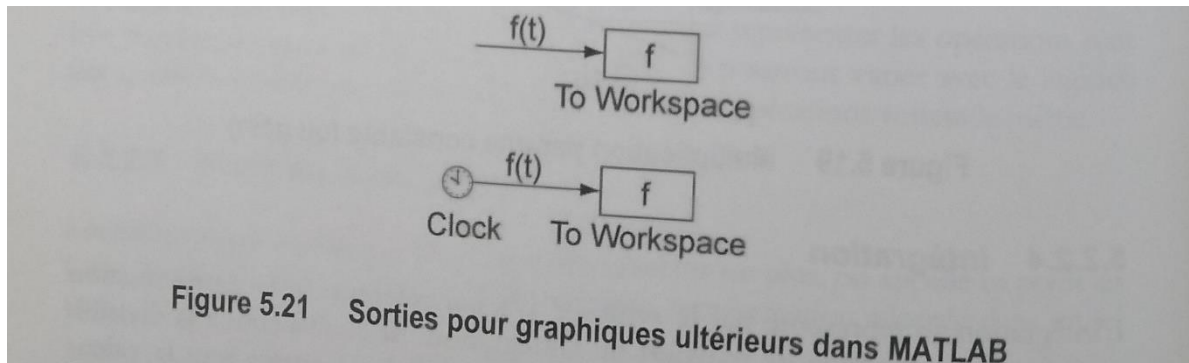
Figure 5.20 Représentation par schéma-bloc de l'intégration

4. Signaux d'excitation (ou signaux sources)

Toutes sortes de signaux sont disponibles pour l'excitation, fonction échelon, rampe, excitation harmonique, excitation aléatoire, fonctions trigonométriques, etc

5. Graphique de sortie

Il y a des fonctions de visualisation rapide de n'importe quelle variable dans le diagramme telle que « scope ». Cependant, pour pouvoir facilement éditer les graphiques de sortie, il est recommandé d'envoyer, à l'aide de « Workspace », les résultats dans un fichier de sortie qui seront ensuite visualisés dans Matlab. Ceci est illustré dans la figure 5.21 où deux fichiers de sortie sont utilisés, un pour la variable $f(t)$ et un pour la variable t extraite de la simulation à l'aide de la fonction « Clock »



6. Principe de construction du schéma-bloc

Vous développerez certainement votre propre approche de construction d'un schéma-bloc avec l'expérience, Cependant pour commencer l'approche suivante est suggérée :

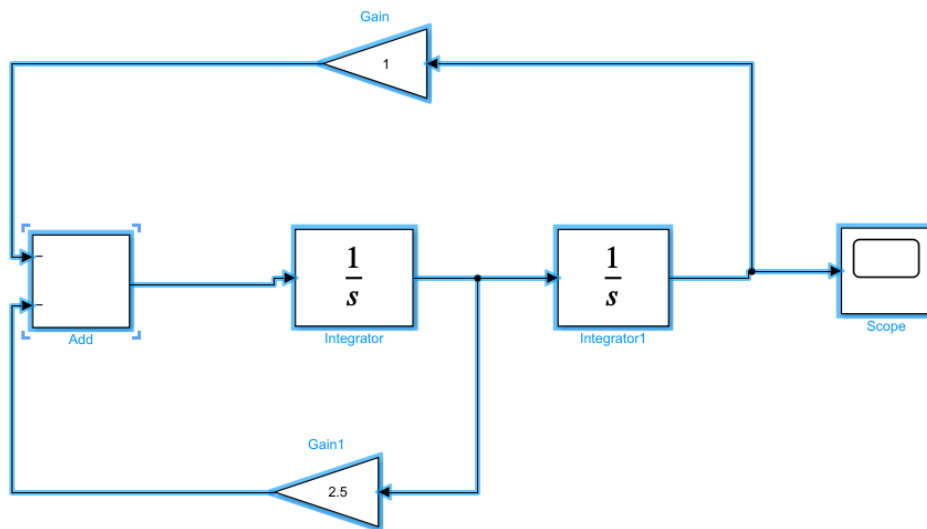
- i. Tracer autant de ligne d'intégration horizontales qu'il y a d'équation (donc d'inconnues), sur chaque ligne mettez autant d'intégration en série qu'il y a de niveau de différenciation entre les expressions extrêmes de la variable.
- ii. Pour les variables connues (sources d'excitation), indiquez-les à part ou construisez-leur une ligne d'intégration si la variable est présente à plus d'un niveau de différenciation dans l'équation.
- iii. Placer un « gain » en amont de chaque ligne ayant pour valeur celle du coefficient devant le crochet.
- iv. « Amenez » chacune des expressions dans le crochet dans une sommation située en amont du gain. Pour chaque expression « tirez un fil » de là où est la variable, multipliez par une constante au besoin (« gain ») et entrez le résultat dans la sommation en l'affectant du bon signe.²²

TP1 : Schéma Bloc de la réponse libre d'un système à 1DDL :

Faites le schéma-bloc de l'équation différentielle à 1DDL (Equation 5.41) en considérant qu'il n'y a pas de force externe.

La masse est de 1, l'amortissement égal à 2.5 et la rigidité est k.

Réponse :



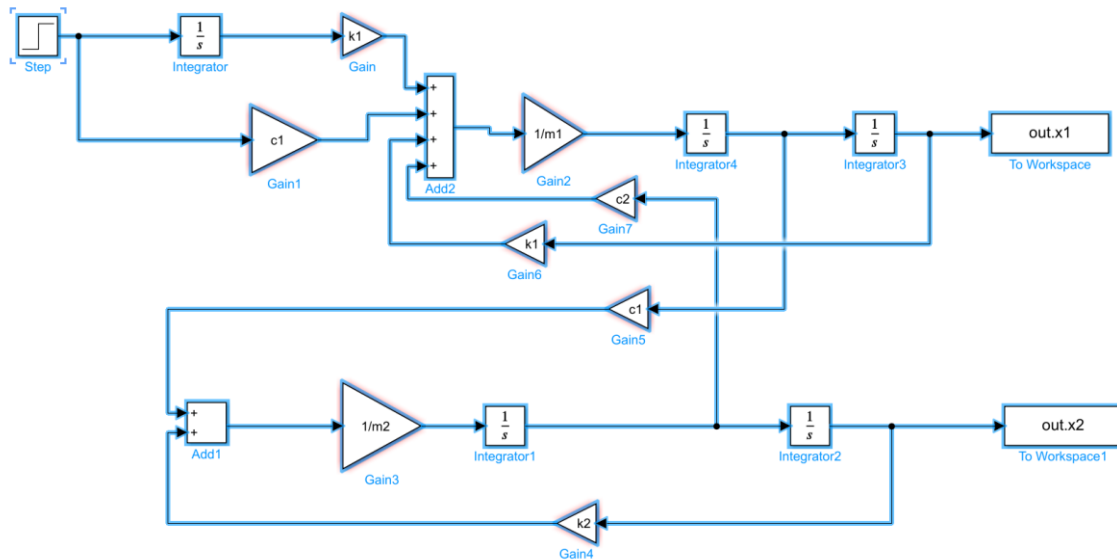
Questions supplémentaires :

- Justifier le schéma bloc proposé.*
- Dessiner les résultats trouvés.*
- Varier les données et représenter les résultats en conséquences.*

TP2 : Schéma Bloc de la réponse libre d'un système à 2DDL :

Faites le schéma-bloc de l'équation différentielle à 2DDL (Equation 5.44) en considérant qu'il n'y a pas de force externe.

Réponse :



Questions supplémentaires :

- d. Justifier le schéma bloc proposé.*
- e. Dessiner les résultats trouvés.*
- f. Varier les données et représenter les résultats en conséquences.*

7. Paramètres importants pour la simulation numérique

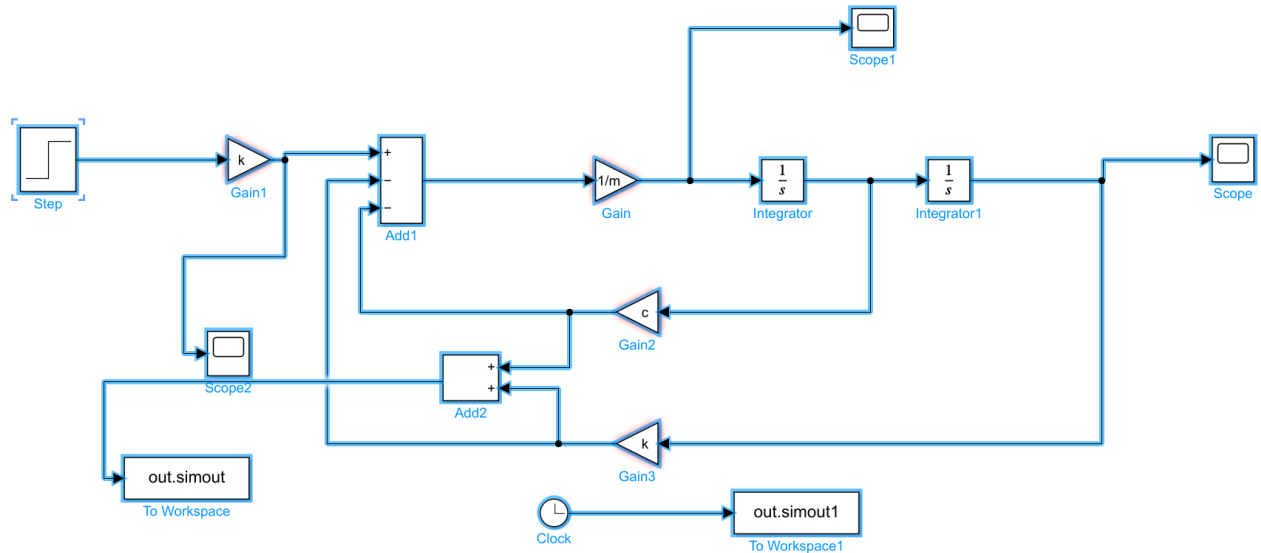
Le pas de temps utilisé dans le calcul doit être suffisamment petit par rapport au phénomène observé. Par exemple en vibration, l'ingénieur a souvent une bonne idée de la fréquence d'oscillation du phénomène qu'il modélise. Il choisira donc un pas de temps de l'ordre de 10 fois plus petit que la période correspondante.

L'approche recommandée dans un premier temps est donc de fixer le pas de diminution du pas de temps (option « fixed step ») à cette valeur et d'observer par essai-erreur si une diminution du pas de temps change le résultat. Les options plus sophistiquées du logiciel telle que l'option « variable step » pourront être utilisées plus tard, un des inconvénients de cette option est d'avoir un pas de temps tellement grand que la représentation temporelle comprendra des segments de droite visibles.

TP3 : Simulation numérique d'une fonction échelon

Faites le schéma-bloc de la fonction échelon appliqué à un système à 1DDL.

Réponse :



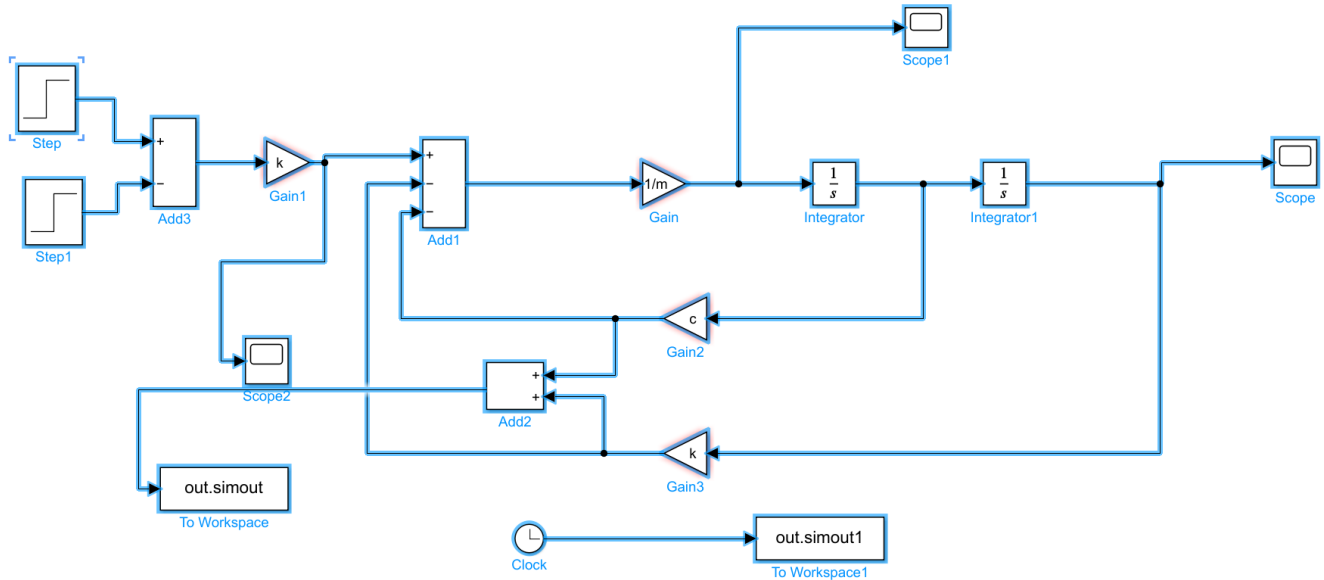
Questions supplémentaires :

- Justifier le schéma bloc proposé.***
- Dessiner les résultats trouvés.***
- Varier les données et représenter les résultats en conséquences.***

TP4 : Simulation numérique d'une fonction créneau

Faites le schéma-bloc de la fonction créneau appliqué à un système à 1DDL.

Réponse :



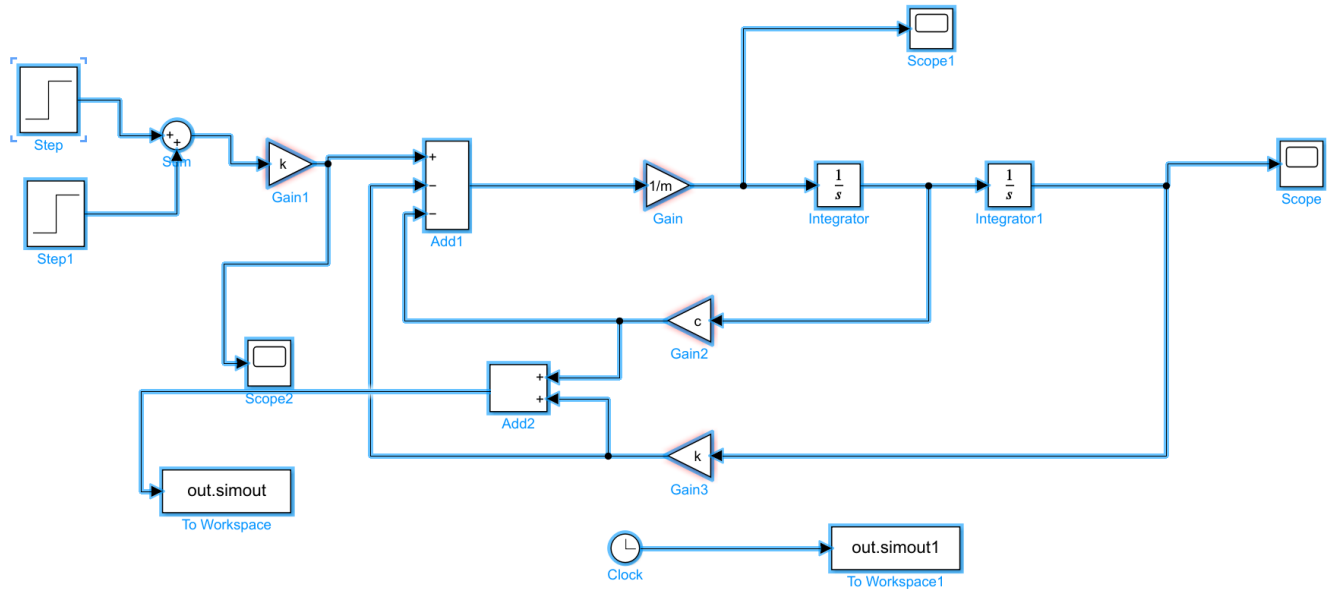
Questions supplémentaires :

- Justifier le schéma bloc proposé.***
- Dessiner les résultats trouvés.***
- Varier les données et représenter les résultats en conséquences.***

TP5 : Simulation numérique d'une fonction Rampe

Faites le schéma-bloc de la fonction rampe appliqué à un système à 1DDL.

Réponse :



Questions supplémentaires :

- Justifier le schéma bloc proposé.*
- Dessiner les résultats trouvés.*
- Varier les données et représenter les résultats en conséquences.*