






Experiência 6:

Identificação de Parâmetros Via Resposta em Frequência

Última atualização: 25 de Junho de 2021

Roteiro

Última atualização: 25 de Junho de 2021

Nota: Os símbolos , , ,  e  indicam a necessidade de produção de um gráfico, desenvolvimento teórico (ou valores que devem ser calculados), diagrama simulink, *script* Matlab e vídeo, respectivamente.

Abertura da Cena no V-REP

No V-REP abra o arquivo `initialConditionMassSpring.ttt`, disponibilizado no Google Classroom. A imagem que vai aparecer é similar à apresentada na Figura 1. Para que o Matlab possa iniciar uma simulação, só é necessário pressionar o botão *play*, que fica na parte superior da figura. Antes disso, próximo ao botão *play*, ajuste o passo de tempo para 10ms (clique na opção `dt=10ms`). Duas caixinhas à esquerda do passo de tempo se encontra a *engine* física, escolha ODE. Após pressionar o *play*, a simulação no Matlab pode ser iniciada (detalhes na próxima seção).

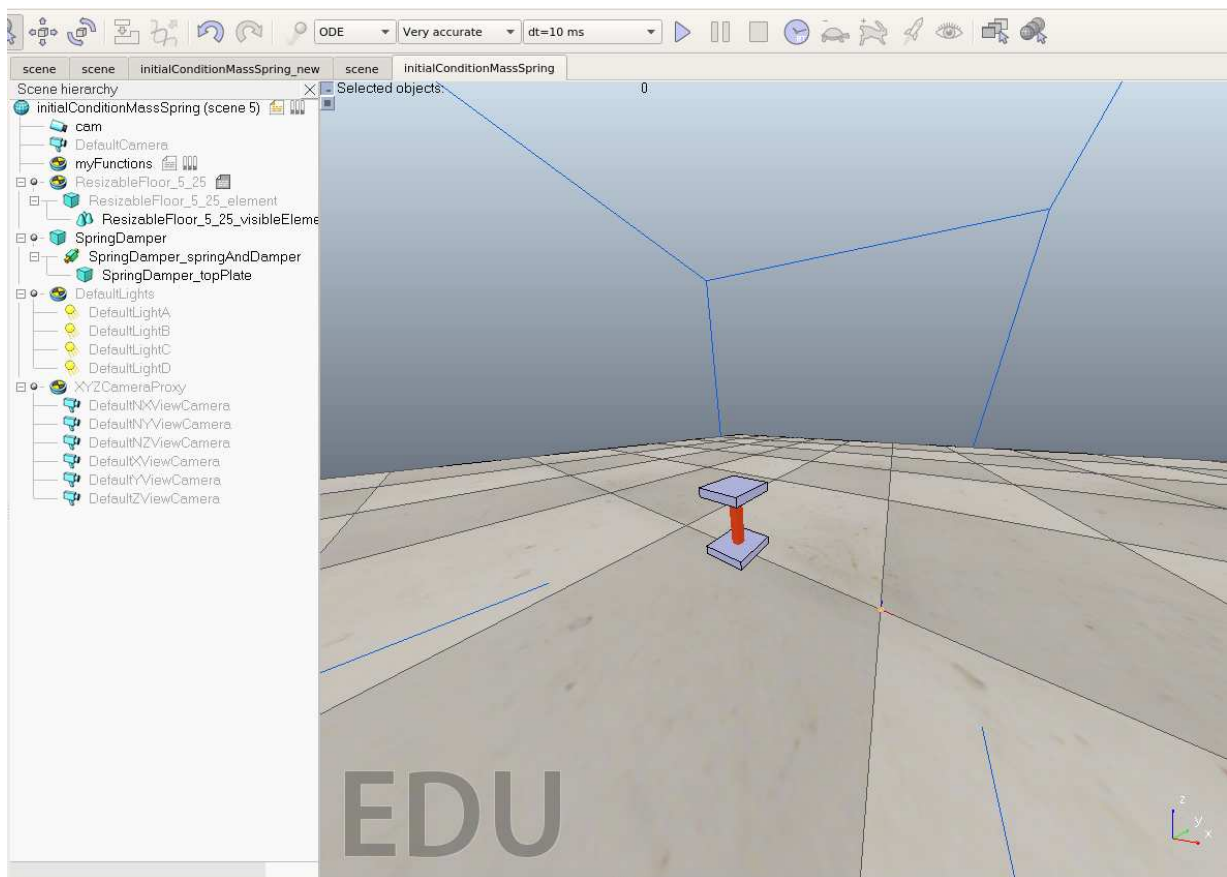


Figura 1: Tela do V-REP com a cena do sistema massa-mola.

Também é necessário alterar o valor da massa superior para ser viável realizar a identificação. Isso pode ser feito primeiramente clicando duas vezes no pequeno cubo verde que fica à esquerda da opção *SpringDamper_topPlate* no menu *Scene hierarchy*. Esse procedimento deve ser feito com a simulação “parada” (se a simulação estiver em andamento, clique em *stop simulation*). Na tela que irá abrir, clique no botão (parte inferior) *show dynamic properties dialog*. Na próxima tela altere o

campo *Mass* para o valor desejado (o valor original será 0.2 Kg). Pressione *play* novamente para realizar uma nova simulação, agora com um novo valor de massa.

Simulação no Matlab

Uma vez que a simulação foi iniciada no V-REP, o script







`identificaBode.m`

(que está no mesmo arquivo zip em que este texto se encontra) passa a “comandar” a simulação, basicamente realizando passos de 10ms. Uma força na forma $-\sin(\omega t)$ é aplicada ao longo de toda a simulação no centro de massa da massa superior e a posição da massa é lida a cada passo de tempo. O trabalho a ser realizado é apenas ir “guardando” a posição da massa, que a cada passo de tempo é atualizada na variável *position*. Em princípio a simulação só deve ser terminada após o sistema entrar em regime. Sugere-se pelo menos 2 segundos de simulação. Terminada a simulação, o valor de pico (tome o máximo) próximo aos últimos dados (do último ciclo, por exemplo) da simulação deve ser determinado e associado com a frequência em que a simulação foi feita. Note que o valor de pico deve ser computado em relação ao valor inicial (primeiro valor da variável *position*). Repita este experimento para valores de frequência entre 25 e 33 rad/s. Depois escolha três ou quatro valores no entorno da frequência em que ocorreu a maior amplificação. Finalmente, tome a frequência em que ocorreu a maior amplificação de todas como ω_r . O valor de M_p é o valor da amplitude na frequência ω_r . Contudo, note que esse sistema não tem ganho DC unitário. Para facilitar é fornecido o valor DC do modelo: 0.0049. Assim divide-se o valor de M_p por esse valor e aplica-se na fórmula para determinar ξ e na sequência ω_n . Repete-se a simulação com um novo valor de massa, chegando em novos valores de (ξ, ω_n) . Finalmente aplica-se o procedimento indicado nos *slides* do experimento 5 para determinar os valores da massa, da constante da mola e do atrito viscoso.


Recomendação: como são realizados diversos experimentos, um para cada frequência, é recomendado que a simulação no V-REP seja parada e começada novamente a cada teste de frequência. O objetivo é garantir que a posição inicial da massa seja a mesma cada vez que o Matlab inicia uma nova simulação. Como a unidade é metro e os deslocamentos são da magnitude de poucos centímetros, imprecisões na quarta ou quinta casa decimal podem diminuir a acurácia da identificação dos parâmetros.

Apresentação do Relatório

O relatório deve apresentar as seguintes seções:




1. Objetivos: Comente sobre os objetivos do trabalho, destacando o uso do V-REP e do Matlab .
2. Dados experimentais: Apresente os dados obtidos nas simulações, isto é, os valores de M_p em todas as frequências que foram testadas . Também forneça um gráfico  contendo o diagrama de Bode de módulo (eixo da magnitude em *dB*). O valor escolhido para ω_r e o respectivo valor associado de M_p , utilizados para computar ξ e ω_n , devem ser informados.
3. Procedimento de identificação: Apresente os cálculos de m , b e c  e comente sobre a precisão dos resultados obtidos, fornecendo inclusive os erros percentuais de cada parâmetro . Os valores de k e b do sistema representado no V-REP podem ser consultados primeiramente clicando-se duas vezes no pequeno objeto à esquerda da opção *SpringDamper-springAndDamper*. Depois clique em *show dynamic properties dialog* e os valores de k e b podem ser consultados nos campos *Spring constant* e *Damping coefficient*. Que fatores podem contribuir para uma eventual imprecisão do resultado¹? Comente . Finalmente, apresente o diagrama de Bode de

¹Esta discussão é considerada a mais importante do relatório.

magnitude  para a função de transferência identificada (use o comando bode), notando que a função de transferência é dada por (note que o ganho DC é 0.0049)

$$G(s) = \frac{0.0049k}{ms^2 + bs + k}$$

Os pares (ω, M_p) computados nas simulações sem a massa adicional devem ser desenhados nesse diagrama (utilize círculos vermelhos). Espera-se que os círculos vermelhos fiquem próximos da curva de magnitude.

4. Comparação: Com relação aos dois procedimentos de identificação realizados, temporal (experimento 5) e frequencial, qual foi mais preciso? Alguma justificativa .
5. Considere todos os resultados obtidos nos experimentos 4, 5 e 6. Comente sobre a relevância do **passo de tempo** utilizado nas simulações sobre a qualidade (precisão) dos resultados obtidos .
6. Opcional: a automatização do script `identificaBode.m` de modo que um conjunto de frequências seja testado sequencialmente, sem a intervenção do usuário, garantirá pontos extras no relatório. O aspecto chave dessa implementação é garantir que a massa retorne à posição inicial antes de iniciar a simulação da próxima frequência. Como implementar esse procedimento é por conta do grupo. Caso o grupo decida implementar, o script `identificaBode.m` deve ser devolvido com a implementação proposta, mencionando no relatório que o exercício foi realizado.
7. Dificuldades encontradas: se for o caso, relate todas as dificuldades encontradas durante todo o processo (instalação, configuração, simulação, etc.).
8. Conclusão .

Deverá ser enviado um arquivo zip² contendo: pdf do relatório e o arquivo `identificaBode.m` após os ajustes feitos pelo grupo. O vídeo demonstrativo do relatório (obrigatório) não deve ser enviado para o Google Classroom. Apenas o *link* deve ser informado (no relatório).

²Preferencialmente, o nome do arquivo deve ser o(s) primeiro(s) nome(s) do(s) aluno(s). Por exemplo, Beatriz_Leila.zip, Hannah-Camila.zip, Jose.zip, Maruan.zip, ...