

# **Examens corrigés**

## **Outils de simulation**

**2<sup>ème</sup> année FI-GIL**

**Pr Moulay El houssine ECH-CHHIBAT**

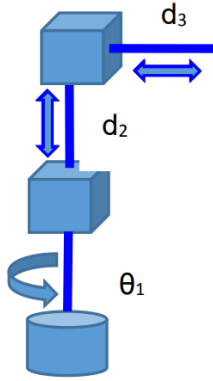
**Département Génie mécanique**

**ENSET Mohammedia**

**Université Hassan II de Casablanca**

### Exercice 1

Soit le robot suivant :



Matrice DH :

$$\begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i\cos\alpha_i & \sin\theta_i\sin\alpha_i & \alpha_i\cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i\cos\alpha_i & -\cos\theta_i\sin\alpha_i & \alpha_i\sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Table DH du robot:

| Link | $a_i(\text{mm})$ | $\alpha_i(^{\circ})$ | $d_i(\text{mm})$ | $\theta_i(^{\circ})$ |
|------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| 1    | 0                | 0                    | $d_1$            | $\theta_1^*$         |
| 2    | 0                | -90                  | $d_2^*$          | 0                    |
| 3    | 0                | 0                    | $d_3^*$          | 0                    |

1. Ecrire un script qui donne les matrices :  $M_0^1$ ,  $M_1^2$ ,  $M_2^3$ , et  $M_0^3$
2. Afficher les coordonnées de  $O_3$ .
3. Afficher les coordonnées de  $O_3$  pour la configuration suivante :  $d_1 = d_2 = d_3 = 50$  et  $\theta_1 = 45^{\circ}$ .
4. En utilisant la fonction diff() de MATLAB, diriver  $X_0$ ,  $Y_0$  et  $Z_0$ , en déduire et afficher la vitesse de  $O_3$  dans  $R_0$ .
5. Tracer la courbe de la vitesse de  $O_3$  pour la configuration suivante :  $d_1 = d_2 = d_3 = 50$  et  $\theta_1$  variant de  $0^{\circ}$  à  $90^{\circ}$ .
6. Tracer la même courbe sous LABVIEW.

### Exercice 2:

Soient les deux equations suivantes différentielles suivantes :

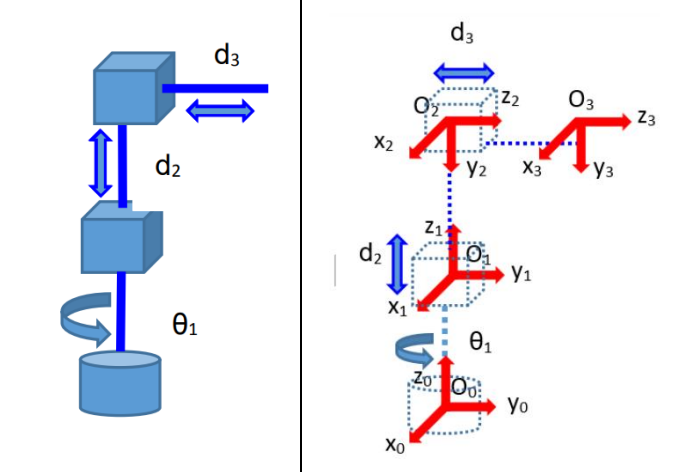
1)  $\frac{d^2y}{dx^2} + 2\frac{dy}{dx} + y = 2e^{-x}$  Avec  $y(0) = 3$  et  $y'(0) = 1$

2)  $\frac{d^2y}{dx^2} = (1 - y^2)\frac{dy}{dx} - y$

- a. Résoudre dans R les équations différentielles suivantes :
- b. Tracer la solution des équations sous Matlab.
- c. Tracer la solution des équations sous Labview.

### Exercice 1

Soit le robot suivant :



Matrice DH :

$$\begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i\cos\alpha_i & \sin\theta_i\sin\alpha_i & \alpha_i\cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i\cos\alpha_i & -\cos\theta_i\sin\alpha_i & \alpha_i\sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Table DH du robot:

| Link | $a_i(\text{mm})$ | $\alpha_i(^{\circ})$ | $d_i(\text{mm})$ | $\theta_i(^{\circ})$ |
|------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| 1    | 0                | 0                    | $d_1$            | $\theta_1^*$         |
| 2    | 0                | -90                  | $d_2^*$          | 0                    |
| 3    | 0                | 0                    | $d_3^*$          | 0                    |

1. Ecrire un script qui donne les matrices :  $M_0^1$ ,  $M_1^2$ ,  $M_2^3$ , et  $M_0^3$
2. Afficher les coordonnées de  $O_3$ .
3. Afficher les coordonnées de  $O_3$  pour la configuration suivante :  $d_1 = d_2 = d_3 = 50$  et  $\theta_1 = 45^{\circ}$ .
4. En utilisant la fonction diff() de MATLAB, diriver  $X_0$ ,  $Y_0$  et  $Z_0$ , en déduire et afficher la vitesse de  $O_3$  dans  $R_0$ .
5. Tracer la courbe de la vitesse de  $O_3$  pour la configuration suivante :  $d_1 = d_2 = d_3 = 50$  et  $\theta_1$  variant de  $0^{\circ}$  à  $90^{\circ}$ .
6. Tracer la même courbe sous LABVIEW.

### Corrigé :

#### 1. SCRIPT :

```
clear;
clc;
syms O1 D1 D2 D3;
%CALCUL DE M03
M01= [cos(O1) -sin(O1) 0 0;sin(O1) cos(O1) 0 0; 0 0 1 D1; 0 0 0 1];
M12=[1 0 0 0; 0 0 1 0; 0 -1 0 D2; 0 0 0 1];
M23=[1 0 0 0; 0 1 0 0; 0 0 1 D3; 0 0 0 1];
OM=[0; 0; 0; 1];
M03=M01*M12*M23*OM;
disp(M03);
%COORDONEES DE O3
X3=M03(1,:);
Y3=M03(2,:);
Z3=M03(3,:);
disp(X3);
disp(Y3);
disp(Z3);
```

## 2. Coordonnées de O<sub>3</sub>

$$\begin{aligned} & -D3*\sin(O1) \\ & D3*\cos(O1) \\ & D1 + D2 \\ & 1 \end{aligned}$$

3. Afficher les coordonnées de O<sub>3</sub> pour la configuration suivante : d<sub>1</sub>= d<sub>2</sub>= d<sub>3</sub>=50 et  $\theta_1 = 45^\circ$ .

```
clear;
clc;
syms O1 D1 D2 D3;
O1=45;
D1=50;
D2=50;
D3=50;
%CALCUL DE M03
M01= [cos(O1) -sin(O1) 0 0; sin(O1) cos(O1) 0 0; 0 0 1 D1; 0 0 0 1];
M12=[1 0 0 0; 0 0 1 0; 0 -1 0 D2; 0 0 0 1];
M23=[1 0 0 0; 0 1 0 0; 0 0 1 D3; 0 0 0 1];
OM=[0; 0; 0; 1];
M03=M01*M12*M23*OM;
disp(M03);
%COORDONNEES DE O3
X3=M03(1,:);
Y3=M03(2,:);
Z3=M03(3,:);
disp(X3);
disp(Y3);
disp(Z3);
```

```
-42.5452
26.2661
100.0000
1.0000
```

4. En utilisant la fonction diff() de MATLAB, diriver X0, Y0 et Z0, en déduire et afficher la vitesse de O<sub>3</sub> dans R0.

```
clear;
clc;
syms O1 D1 D2 D3;
%CALCUL DE M03
M01= [cos(O1) -sin(O1) 0 0; sin(O1) cos(O1) 0 0; 0 0 1 D1; 0 0 0 1];
M12=[1 0 0 0; 0 0 1 0; 0 -1 0 D2; 0 0 0 1];
M23=[1 0 0 0; 0 1 0 0; 0 0 1 D3; 0 0 0 1];
OM=[0; 0; 0; 1];
M03=M01*M12*M23*OM;
disp(M03);
```

```
%COORDONEES DE O3
```

```
X3=M03(1,:);
Y3=M03(2,:);
Z3=M03(3,:);
a=diff(X3);
b=diff(Y3);
c=diff(Z3);
R0=sqrt((a^2)+(b^2)+(c^2));
disp (R0);
```

$$\begin{matrix} -D3*\sin(O1) \\ D3*\cos(O1) \\ D1 + D2 \\ 1 \end{matrix}$$

$$(D3^2*\cos(O1)^2 + D3^2*\sin(O1)^2 + 1)^{(1/2)}$$

5. Tracer la courbe de la vitesse de O3 pour la configuration suivante :  $d1= d2= d3=50$  et  $\theta_1$  variant de  $0^\circ$  à  $90^\circ$ .

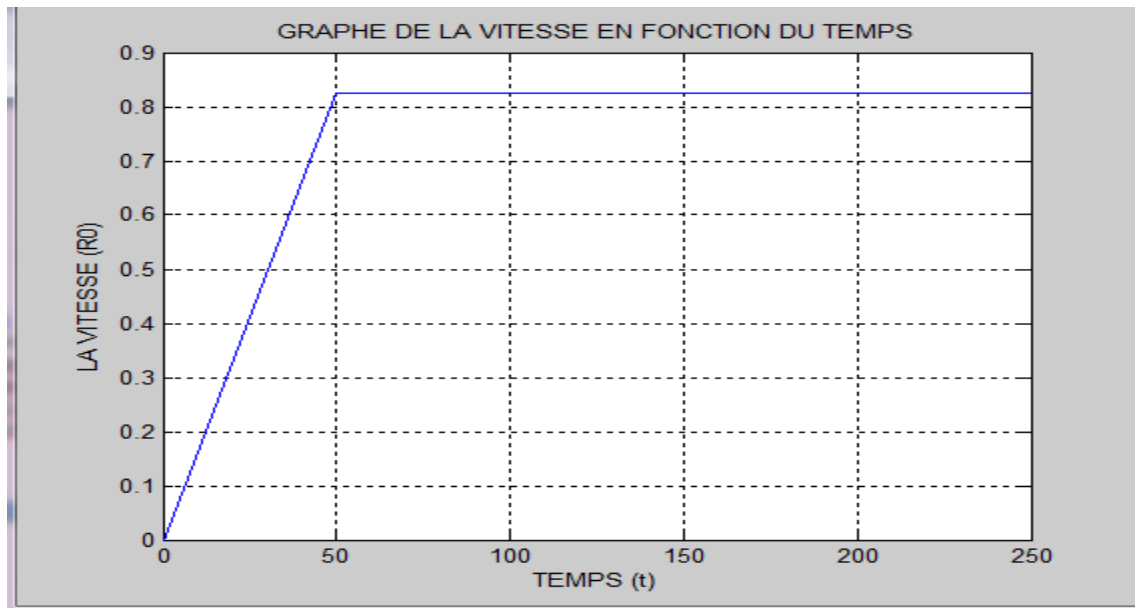
```
clear;
clc;
D1=50;
D2=50;
D3=50;
t=0:50:250;
M12=[1 0 0 0; 0 0 1 0; 0 -1 0 D2; 0 0 0 1];
M23=[1 0 0 0; 0 1 0 0; 0 0 1 D3; 0 0 0 1];
OM=[0; 0; 0; 1];
ligne = 1;
for O1 =[0:18:90]
    %CALCUL DE M03
    M01= [cos(O1) -sin(O1) 0 0; sin(O1) cos(O1) 0 0; 0 0 1 D1; 0 0 0 1];
    M03=M01*M12*M23*OM;
    %COORDONEES DE O3
    X3(ligne)=M03(1,:);
    Y3(ligne)=M03(2,:);
    Z3(ligne)=M03(3,:);
    %calcul des élément de la vitesse
    if ligne == 1
        a(ligne) = 0;
        b(ligne) = 0;
        c(ligne) = 0;
    else
        a(ligne) = (X3(ligne) - X3(ligne-1)) / 50;
        b(ligne) = (Y3(ligne) - Y3(ligne-1)) / 50;
        c(ligne) = (Z3(ligne) - Z3(ligne-1)) / 50;
    end
    R0(ligne)=sqrt((a(ligne)^2)+(b(ligne)^2)+(c(ligne)^2));
```

```

disp (R0);

ligne = ligne + 1;
end
plot(t,R0)
xlabel('TEMPS (t)');
ylabel('LA VITESSE (R0)');
title('GRAPHE DE LA VITESSE EN FONCTION DU TEMPS');
grid on;

```



6. Tracer la même courbe sous LABVIEW.

$$(D3^2 \cos(01)^2 + D3^2 \sin(01)^2 + 1)^{(1/2)}$$

## Exercice 2:

Soient les deux equations suivantes differentielles suivantes :

1)  $\frac{d^2y}{dx^2} + 2 \frac{dy}{dx} + y = 2e^{-x}$  avec  $y(0)=3$  et  $y'(0)=1$

2)  $\frac{d^2y}{dx^2} = (1 - y^2) \frac{dy}{dx} - y$

- Résoudre dans R les équations différentielles suivantes :
- Tracer la solution des équations sous Matlab.
- Tracer la solution des équations sous Labview.

Correction :

1.

```

clc;
clear;
close all;

```

```
% Déclaration de la variable symbolique  
syms y(x)
```

```
% Définition de l'équation différentielle  
Dy = diff(y,x);  
D2y = diff(y,x,2);
```

```
eq = D2y + 2*Dy + y == 2*exp(-x);
```

```
% Conditions initiales  
cond1 = y(0) == 3;  
cond2 = Dy(0) == 1;
```

```
% Résolution symbolique  
sol(x) = dsolve(eq, cond1, cond2);
```

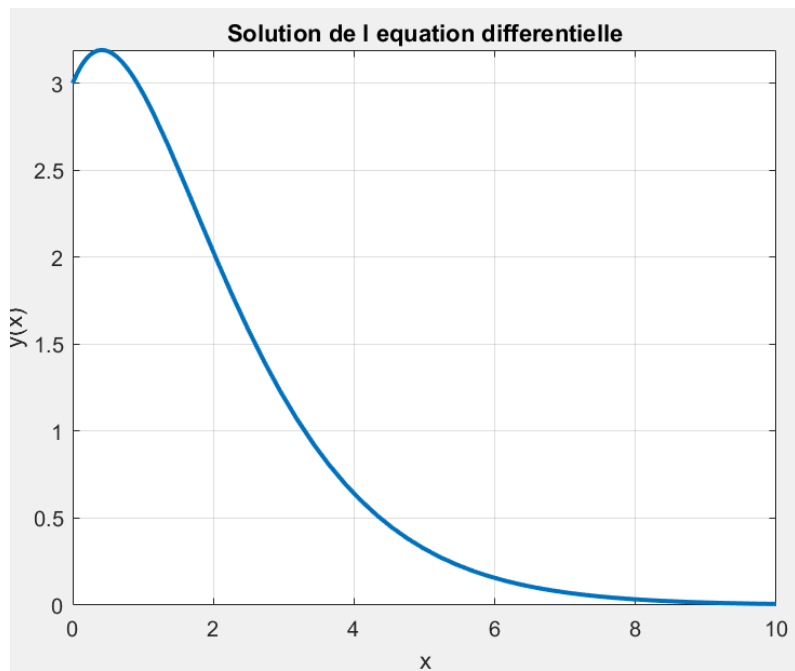
```
% Affichage de la solution  
disp('Solution y(x) = ');  
pretty(sol)
```

```
% Tracé de la solution  
fplot(sol,[0 10], 'LineWidth',2);
```

```
grid on;  
xlabel('x');  
ylabel('y(x)');  
title('Solution de l equation differentielle');
```

La solution obtenue est :

$$y(x) = (x^2 + 4x + 3)e^{-x}$$



## 2. Question

```

clc;
clear;
close all;

% Intervalle de résolution
xspan = [0 20];

% Conditions initiales
% y(0)=1 et y'(0)=0
Y0 = [1 ; 0];

% Résolution numérique avec ode45
[x,Y] = ode45(@equation, xspan, Y0);

% =====
% Tracé de la solution y(x)
% =====
figure;

plot(x, Y(:,1), 'LineWidth',2);

grid on;
xlabel('x');
ylabel('y(x)');
title('Tracé de la solution y(x)');
legend('y(x)');

```

```

% =====
% Fonction de l'équation différentielle
% =====
function dYdx = equation(x,Y)

y = Y(1);
yp = Y(2);

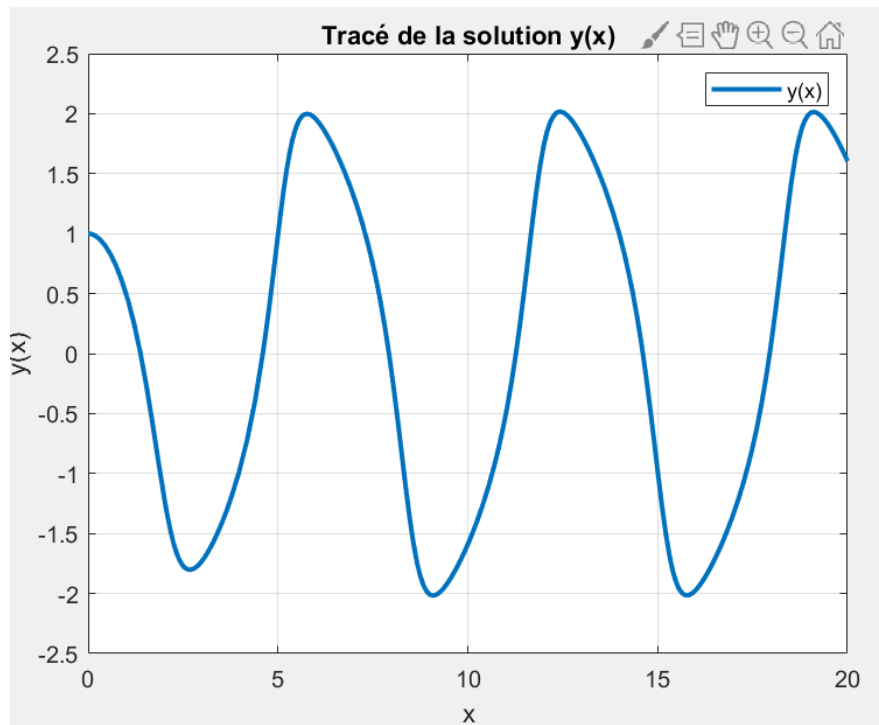
dYdx = zeros(2,1);

dYdx(1) = yp;

dYdx(2) = (1 - y^2)*yp - y;

end

```



**Exercice 1 :**

Résoudre le système linéaire suivant avec MATLAB :

$$\begin{cases} 2x - 3y + z = 5 \\ x + 2y - z = -1 \\ 3x + y + 4z = 7 \end{cases}$$

**Exercice 2 :**

On mesure le courant dans une ampoule électrique pour différentes tensions appliquées.

Les données expérimentales sont données dans le tableau ci-après.

| V | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| I | 0.1001 | 0.2008 | 0.3028 | 0.4067 | 0.5135 | 0.6243 | 0.7406 | 0.8646 | 1.0000 | 1.1535 |

1. Approximer les données par une loi exponentielle de la forme  $ae^{bx}$ , où  $a$  et  $b$  sont des constantes.
2. Estimer la valeur du courant correspondant à une tension de 4,5 V

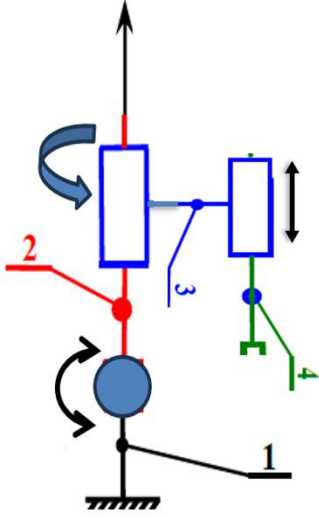
**Exercice 3 :**

Soit le polynôme P suivant :

$$P(x) = x^8 + x + 1$$

1. Évaluer les valeurs de P(x) dans les points  $x = \{0, -1, 1\}$ .
2. Trouver les racines de P(x).
3. Calculer Q(x), la dérivée de P(x).
4. Effectuer l'opération de multiplication entre le polynôme initial P(x) et sa dérivée Q(x).

**Exercice 4 :**

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p><b>Sous Matlab :</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Par une méthode de votre choix donner le MGD.</li><li>2. Tracer la trajectoire de de l'extrémité du robot.</li><li>3. Tracer le volume de travail du robot.</li></ol> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Rédiger un rapport et me l'envoyer à l'adresse suivante :

[e.ech-chhibat@etu.univh2c.ma](mailto:e.ech-chhibat@etu.univh2c.ma)

## **Correction**

**Exercice 1 :**

```
clc;  
clear;  
A = [2 -3 1;  
     1 2 -1;  
     3 1 4];  
B = [5;  
     -1;  
     7];  
X = A\B;  
disp('La solution du système est :');  
disp(X);
```

**Résultats :**

**La solution du système est :**

```
X= 1.1471  
Y= -0.5588  
Z= 1.0294
```

**Exercice 1 :**

Résoudre le système linéaire suivant avec MATLAB :

$$\begin{cases} 2x - 3y + z = 5 \\ x + 2y - z = -1 \\ 3x + y + 4z = 7 \end{cases}$$

**Exercice 2 :**

On mesure le courant dans une ampoule électrique pour différentes tensions appliquées.

Les données expérimentales sont données dans le tableau ci-après.

|   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| V | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| I | 0.1001 | 0.2008 | 0.3028 | 0.4067 | 0.5135 | 0.6243 | 0.7406 | 0.8646 | 1.0000 | 1.1535 |

1. Approximer les données par une loi exponentielle de la forme  $ae^{bx}$ , où  $a$  et  $b$  sont des constantes.
2. Estimer la valeur du courant correspondant à une tension de 4,5 V

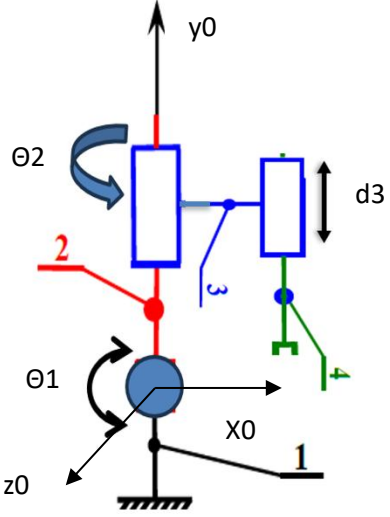
**Exercice 3 :**

Soit le polynôme P suivant :

$$P(x) = x^8 + x + 1$$

1. Évaluer les valeurs de P(x) dans les points  $x = \{0, -1, 1\}$ .
2. Trouver les racines de P(x).
3. Calculer Q(x), la dérivée de P(x).
4. Effectuer l'opération de multiplication entre le polynôme initial P(x) et sa dérivée Q(x).

**Exercice 4 :**

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p><b>Sous Matlab :</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Par une méthode de votre choix donner le MGD.</li><li>2. Tracer la trajectoire de de l'extrémité du robot.</li><li>3. Tracer le volume de travail du robot.</li></ol> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Rédiger un rapport et me l'envoyer à l'adresse suivante :

[e.ech-chhibat@etu.univh2c.ma](mailto:e.ech-chhibat@etu.univh2c.ma)

## Correction

### Exercice 1 :

```
clc;
clear;
A = [2 -3 1;
     1 2 -1;
     3 1 4];
B = [5;
     -1;
     7];
X = A\B;
disp('La solution du système est :');
disp(X);
```

### Résultats :

La solution du système est :

X= 1.1471  
Y= -0.5588  
Z= 1.0294

### Exercice 2 :

Approximation exponentielle  $I = a \cdot e^{(b \cdot V)}$

- Code MATLAB :
- 

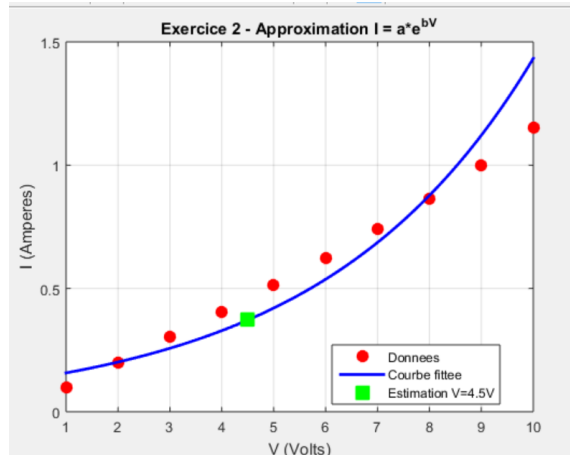
Q1: Approximation des données :

```
V = [1 2 3 4 5 6 7 8 9 10];
I = [0.1001 0.2008 0.3028 0.4067 0.5135 0.6243 0.7406 0.8646 1.0000 1.1535];
p = polyfit(V, log(I), 1);
b_coef = p(1);
a_coef = exp(p(2));
fprintf('a = %.4f\n', a_coef);
fprintf('b = %.4f\n', b_coef);
```

Question 2: Estimation du valeur du courant à une tension de 4,5 :

```
V_est = 4.5;
I_est = a_coef * exp(b_coef * V_est);
fprintf('I(4.5V) = %.4f A\n', I_est);
figure('Name','Exercice 2 - Approximation exponentielle','NumberTitle','off');
V_plot = linspace(1, 10, 100);
plot(V, I, 'ro', 'MarkerSize', 8, 'MarkerFaceColor', 'r');
hold on;
plot(V_plot, a_coef*exp(b_coef*V_plot), 'b-', 'LineWidth', 2);
plot(V_est, I_est, 'gs', 'MarkerSize', 12, 'MarkerFaceColor', 'g');
xlabel('V (Volts)'); ylabel('I (Amperes)');
title('Exercice 2 - Approximation  $I = a \cdot e^{bV}$ ');
legend('Donnees','Courbe fittee','Estimation V=4.5V','Location','best');
grid on;
Graphe : Approximation  $I = a \cdot e^{bV}$ 
```

**ENSET Mohammedia**  
**Année universitaire : 2025-2026**  
**Examen outils de simulation**  
**FI-GIL, 22 Mai 2026**  
**Durée : 2heures**



*Approximation  $I = a \cdot e^{bV}$*

### EXERCICE 3 :

**Polynome  $P(x) = x^8 + x + 1$**

- **Code MATLAB :**

**$P = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1];$**

**% 1. Evaluer P en  $x = \{0, -1, 1\}$**

**$x\_pts = [0 \ -1 \ 1];$**

**$vals = polyval(P, x\_pts);$**

**$fprintf('P(0) = %.4f\n', vals(1));$**

**$fprintf('P(-1) = %.4f\n', vals(2));$**

**$fprintf('P(1) = %.4f\n', vals(3));$**

**% 2. Racines de P(x)**

**$r = roots(P);$**

**$disp('Racines de P(x) :'); disp(r);$**

**% 3. Derivee  $Q(x) = P'(x)$**

**$Q = polyder(P);$**

**$disp('Coefficients de Q(x) = P''(x) :'); disp(Q);$**

**% 4. Multiplication  $P(x) * Q(x)$**

**$PQ = conv(P, Q);$**

**$disp('Coefficients de P(x)*Q(x) :'); disp(PQ);$**

**Résultats obtenus :**

**ENSET Mohammedia**  
**Année universitaire : 2025-2026**  
**Examen outils de simulation**  
**FI-GIL, 22 Mai 2026**  
**Durée : 2heures**

$P(0) = 1.0000$

$P(-1) = 1.0000$

$P(1) = 3.0000$

Racines de  $P(x)$  :

$0.9986 + 0.4461i$

$0.9986 - 0.4461i$

$0.3263 + 1.0151i$

$0.3263 - 1.0151i$

$-0.5000 + 0.8660i$

$-0.5000 - 0.8660i$

$-0.8249 + 0.2342i$

$-0.8249 - 0.2342i$

Coefficients de  $Q(x) = P'(x)$  :

8    0    0    0    0    0    0    1

Coefficients de  $P(x) \cdot Q(x)$  :

8    0    0    0    0    0    0    9    8    0    0    0    0    0    1    1