



Université Mohammed Premier
École Nationale des Sciences Appliquées d'Oujda



Cours d' *Informatique 2 : MATLAB*

Version 3.0 (Janvier 2023)

MATLAB POUR L'INGÉNIEUR

STPI-1

ENSAO, 2022 – 2023

Partie 3

Prof. Kamal GHOU MID



Université Mohammed Premier
École Nationale des Sciences Appliquées d'Oujda



Cours d' *Informatique 2 : MATLAB*

Version 3.0 (Janvier 2023)

MATLAB POUR L'INGÉNIEUR

STPI1

Chapitre 7

Calcul Formel de MATLAB

Partie 3

Prof. Kamal GHOU MID



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

- Un logiciel de calcul formel est un logiciel qui facilite le calcul symbolique dont la partie principale est basée sur la manipulation des expressions mathématiques sous leurs formes symboliques.
- Le calcul formel est le domaine des mathématiques et de l'informatique qui s'intéresse aux algorithmes opérant sur des objets de nature mathématique à travers des représentations finies et exactes.
- Le calcul formel met l'accent exact sur des expressions contenant des variables ou des nombres en précision arbitraire. Il permet ainsi d'obtenir des représentations et des formules symboliques exactes.
- Avec Matlab, on note l'existence d'un ensemble de commandes de base préprogrammées et de bibliothèques qui permettent d'effectuer des calculs confus et assommants, ou des procédures pour accentuer et intensifier l'ensemble des commandes existantes.



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

- La résolution concrète de problèmes issus de diverses applications nécessite souvent des traitements à la fois symboliques et numériques ;
- Matlab offre une gamme de procédures et de traitements pour des données numériques, mais aussi pour les expressions symboliques.
- Matlab possède des fonctions de calcul formel très avancées, en plus la charpente de son environnement propose des outils de calcul symbolique et fournit en parallèle de puissants outils de graphisme et de calcul.
- Matlab peut être utilisé pour réaliser du calcul axé sur la manipulation des expressions formelles et obtenir des expressions mathématiques comme résultats.
- Démarches de calculs avec des variables symboliques pour résoudre des équations algébriques ou différentielles, ...



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

- La fonction "**syms**" doit être utilisée pour créer des objets symboliques dans Matlab

* Déclaration de variables

- Exemple: `syms a b c x;`

- Exemple: `sym a;`

`sym b;`

`sym c;`

`sym d;`

* Déclaration de variables avec contraintes

* Exemple: `syms x theta real ;`

C'est équivalent à:

`x = sym('x','real');`

`beta = sym('theta','real');`



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Expressions symboliques : Puissance

```
>> n = 5;
```

```
>> syms x;
```

```
>> M = x.^((0:n)'*(0:n))
```

```
M =
```

```
[ 1, 1, 1, 1, 1, 1]
```

```
[ 1, x, x^2, x^3, x^4, x^5]
```

```
[ 1, x^2, x^4, x^6, x^8, x^10]
```

```
[ 1, x^3, x^6, x^9, x^12, x^15]
```

```
[ 1, x^4, x^8, x^12, x^16, x^20]
```

```
[ 1, x^5, x^10, x^15, x^20, x^25]
```

```
findsym(12*x+32*x^2) %La fonction "findsym" renvoie les variables symboliques définies
```

```
ans =
```

```
x
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

- Expressions symboliques : Développement d'expressions : Commandes **expand** & **collect**

```
>> syms x y;  
>> E = (x - 2)^2 + (y + 3)^2;  
  
>> collect(E)  
ans =  
x^2 - 4*x + (y + 3)^2 + 4  
  
>> collect(E,y)  
ans =  
y^2 + 6*y + (x - 2)^2 + 9
```

```
>> expand(E)  
ans  
x^2 - 4*x + y^2 + 6*y + 13  
  
>> expand((x+y)^3)  
ans =  
x^3 + 3*x^2*y + 3*x*y^2 + y^3  
  
% La fonction "expand" développe  
% une expression
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Expressions symboliques : Développement d'expressions : Commande **expand**

```
>> sym x;
```

```
>> E2 = (x + 3)*(x - 7)^2;
```

```
>> expand(E2)
```

```
ans =
```

```
x^3 - 11*x^2 + 7*x + 147
```

```
>> expand(sin(x+y))
```

```
ans =
```

```
cos(x)*sin(y) + cos(y)*sin(x)
```

```
>> expand(sin(x-y))
```

```
ans =
```

```
cos(y)*sin(x) - cos(x)*sin(y)
```

```
>> expand(cos(2*x))
```

```
ans
```

```
cos(x)^2 - sin(x)^2
```

```
>> expand(sin(2*x))
```

```
ans
```

```
2*cos(x)*sin(x)
```

```
>> expand(tan(2*x))
```

```
ans
```

```
-(2*tan(x))/(tan(x)^2 - 1)
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Expressions symboliques : Développement d'expressions : Commande **expand**

```
>> expand(3*cos(3*x) - sin(2*x))
```

```
ans =
```

```
3*cos(x)^3 - 9*cos(x)*sin(x)^2 - 2*cos(x)*sin(x)
```

```
>> expand((2*x - 7)*(x - 1)*(x + 4))
```

```
ans =
```

```
2*x^3 - x^2 - 29*x + 28
```

```
>> expand((x-1)*(x+2)*(x-3)*(x-5))
```

```
ans =
```

```
x^4 - 7*x^3 + 5*x^2 + 31*x - 30
```

```
>> syms a;
```

```
>> syms b;
```

```
>> expand(cos(a+b))
```

```
ans =
```

```
cos(a)*cos(b) - sin(a)*sin(b)
```

```
>> expand(cos(a-b))
```

```
ans =
```

```
sin(a)*sin(b) + cos(a)*cos(b)
```

```
>> expand(sin(a-b))
```

```
ans =
```

```
cos(b)*sin(a) - cos(a)*sin(b)
```

```
>> expand(sin(a+b))
```

```
ans =
```

```
cos(a)*sin(b) + cos(b)*sin(a)
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Expressions symboliques factorisation : Commandes **factor** & **simplify**

```
>> factor(x^2-9)
ans =
(x - 3)*(x + 3)
```

```
>> factor(2*x^2 + 4*x)
ans =
2*x*(x + 2)
```

```
>> factor(x^3 - 4*x^2 - 28*x - 32)
ans =
(x - 8)*(x + 2)^2
```

```
>> factor((cos(x))^3 - cos(x)*sin(x)^2)
ans =
cos(x)*(cos(x) - sin(x))*(cos(x) + sin(x))
```

```
>> simplify(sin(x)/(1+cos(x)) + (1+cos(x))/sin(x))
ans =
2/sin(x)
```

```
>> simplify(-cos(x)^2*sin(x) + sin(x)^3 + sin(x))
ans =
2*sin(x)^3
```

```
>> factor(x^6 - 27*x^5 - 152*x^4 + 5328*x^3 - 15392*x^2 - 83088*x + 262080)
ans =
(x - 3)*(x - 26)*(x - 6)*(x + 4)*(x + 14)*(x - 10)
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Expressions symboliques : Addition, Soustraction, Multiplication, Division

```
>> syms x y;
>> E1 = x^6 + 5*x^2;
>> E2 = y^3 - 2;
>> E3 = -3*x^4 - 2*x^2 - 1;
>> S1 = E1 + E3
S1 =
    x^6 - 3*x^4 + 3*x^2 - 1

>> expand(S1)
ans =
    x^6 - 3*x^4 + 3*x^2 - 1

>> simplify(S1)
ans =
    (x^2 - 1)^3
```

```
>> S2 = E3/E1
S2 =
    -(3*x^4 + 2*x^2 + 1)/(x^6 + 5*x^2)

>> S3 = E1 - E3
S3 =
    x^6 + 3*x^4 + 7*x^2 + 1

>> S4 = E2 - y^3 + y^2 - 2*y + 3
S4 =
    y^2 - 2*y + 1

>> simplify(S4)
ans =
    (y - 1)^2

>> simplify(S1*(x+1)^2)
ans =
    (x - 1)^3*(x + 1)^5
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Résolution d'une équation : Commande **solve**

```

syms x;
Equation = x^2 + 2*x - 8;
Solution = solve(Equation,x);
S1 = Solution(1);
S2 = Solution(2);
disp('les solutions de cette équation sont les deux racines données ci-dessous : ');
disp(S1);
disp(S2);

```

%%%%%%%%% ----- Après exécution -----%%%%%%%%%

les solutions de cette équation sont les deux racines données ci-dessous :

-4

2



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Résolution d'une équation : Commande **solve**

```

syms x real;
S1 = solve(4*cos(x)^4 - 2*sin(x)^2,x)
S1 =
    pi/4

>> syms x real;
>> solve('cos(x)^2 - 3*sin(3*x) - 3*cos(4*x)',x)
ans =
    pi/2

syms a b c x;
S2 = solve('a*x^2 + b*x + c')
S2 =
    -(b + (b^2 - 4*a*c)^(1/2))/(2*a)
    -(b - (b^2 - 4*a*c)^(1/2))/(2*a)

```

```

>> syms x
>> E = exp(x^2) - 7
E =
    exp(x^2) - 7

>> S = solve(E)
S =
    -log(7)^(1/2)
    log(7)^(1/2)

>> double(S)
ans =
    -1.3950
    1.3950

```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Résolution d'une inéquation : Commande **solve**

```
>> solve('x > 3',x)
```

```
ans =
```

```
(3, Inf)
```

```
>> solve('x >= 3',x)
```

```
ans =
```

```
[3, Inf)
```

```
>> solve('x^2 > 4',x)
```

```
ans =
```

```
Dom::Interval(2, Inf)
```

```
Dom::Interval(-Inf, -2)
```

```
>> solve('x^2 - x - 6 > 0',x)
```

```
ans =
```

```
Dom::Interval(-Inf, -2)
```

```
Dom::Interval(3, Inf)
```

```
syms x y z
```

```
[x,y,z]=solve('x - 2*y + 4*z = -20','3*x + y - z = 14','5*x - y + 2*z = -1',x,y,z)
```

```
x =
```

```
2
```

```
y =
```

```
5
```

```
z =
```

```
-3
```

```
>> syms x y
```

```
>> solve('3*x + 4*y','2*x - 7*y',x,y)
```

```
>> [a,b]=solve('3*x + 4*y = 13','2*x - 7*y = -1',x,y)
```

```
a =
```

```
3
```

```
b =
```

```
1
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Résolution d'une inéquation : Commande **solve**

```
>> solve('3*x^2 - x + 1 > 0',x)
```

```
ans =
```

```
R_
```

```
>> solve('sin(x) > 0',x)]
```

```
ans =
```

```
solveLib::Union((2*pi*k, pi + 2*pi*k), k, Z_)
```

```
>> solve('x^2 - 36 >= 0',x)
```

```
ans =
```

```
Dom::Interval([6], Inf)
```

```
Dom::Interval(-Inf, [-6])
```

```
>> solve('2*exp(2*x) - 5 *exp(x) = 63')
```

```
ans =
```

```
log(7)
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

- Évaluation des expressions symboliques : Commandes **subs** & **class** & **double**

```
>> syms x;  
>> E1 = x^2 - 2*x^2 + 7;  
>> V1 = subs(E1,x,1) %E1=? En remplaçant x par 1  
V1 =  
    6  
  
>> V2 = subs(E1,x,-3)  
V2 =  
   -2  
  
>> class(V1)  
ans =  
    double  
  
>> H = double(V1)  
H =  
    6
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Conversion polynôme \leftrightarrow symbole : Commandes **poly2sym** & **sym2poly**

```
>> syms x;  
>> poly2sym([1 -5 7 13])  
ans =  
x^3 - 5*x^2 + 7*x + 13
```

```
>> poly2sym([2 5 -1])  
ans =  
2*x^2 + 5*x - 1
```

```
>> sym2poly(x^3 - 3*x^2 + 11*x - 9)  
ans =  
1 -3 11 -9
```

```
>> sym2poly(-8*x^3 + 2*x - 5)  
ans =  
-8 0 2 -5
```

```
>> syms t a b c d;  
>> P = poly2sym([a b c d],t)  
P =  
a*t^3 + b*t^2 + c*t + d
```

```
>> subs(P,t,sin(t))  
ans =  
a*sin(t)^3 + b*sin(t)^2 + c*sin(t) + d
```

```
>> syms x  
>> E = input('Entrez votre équation : E(x) = ');  
Entrez votre équation : E(x) = 6*x^4 - 13*x^3 + x - 18
```

```
>> sym2poly(E)  
ans =  
6 -13 0 1 -18
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Développement limité : Commande **taylor**

```
>> syms x;
```

```
>> taylor(cos(x),7) %Développement à l'ordre 6
```

```
ans =
```

$$-x^6/720 + x^4/24 - x^2/2 + 1$$

```
->> taylor(sin(x)/log(1+x),8)
```

```
ans =
```

$$(1027*x^7)/120960 - (31*x^6)/2880 + (23*x^5)/1440 - x^4/240 - x^3/24 - x^2/4 + x/2 + 1$$

```
>> taylor((1/(1 - x)) - tan(x),6)
```

```
ans =
```

$$(13*x^5)/15 + x^4 + (2*x^3)/3 + x^2 + 1$$

```
>> taylor(log(1 + x^2)*sqrt(1 - x),7)
```

```
ans =
```

$$(137*x^6)/384 + (3*x^5)/16 - (5*x^4)/8 - x^3/2 + x^2$$



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Développement limité : Commande **taylor**

```
>> syms x;
```

```
>> sympref('PolynomialDisplayStyle','ascend'); %Avec ordre croissant
```

```
>> taylor(cos(x),7)
```

$$1 - x^2/2 + x^4/24 - x^6/720$$

```
>> taylor(exp(x))
```

```
ans =
```

$$x + x^2/2 + x^3/6 + x^4/24 + x^5/120$$

```
>> pretty(taylor(exp(x),x,5))
```

$$\begin{array}{ccccccc} & 4 & & 3 & & 2 & \\ & x & & x & & x & \\ -- & + & -- & + & -- & + & x + 1 \\ 24 & & 6 & & 2 & & \end{array}$$

```
>> syms x
```

```
>> f = inline('sin(x)')
```

```
f =
```

Inline function:

$$f(x) = \sin(x)$$

```
>> taylor(f(x),3,1)
```

```
ans =
```

$$\sin(1) - (\sin(1)*(x - 1)^2)/2 + \cos(1)*(x - 1)$$



Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Dérivées d'une fonction : Commande **diff**

```
>> syms x;
>> diff(2*x^4 + 3*x^3 - 5*x^2 + 21,1) %Dérivée 1er
ans =
    8*x^3 + 9*x^2 - 10*x

>> diff(2*x^4 + 3*x^3 - 5*x^2 + 21,2) %Dérivée seconde
ans =
    24*x^2 + 18*x - 10

>> syms x t;
>> f = sin(2*t) + t^4;
>> df = diff(f,t)
df =
    2*cos(2*t) + 4*t^3

>> d6f = diff(f,t,6)
d6f =
    (-64)*sin(2*t)
```

```
>> syms x
>> R = 3*exp(x)*cos(2*x);
>> R_1 = diff(R)
R_1 =
    3*cos(2*x)*exp(x) - 6*sin(2*x)*exp(x)

>> vpa(subs(R_1,x,pi/2))
ans =
    -14.43143214289605680278327781707

>> diff(R,2)
ans =
    -9*cos(2*x)*exp(x) - 12*sin(2*x)*exp(x)

>> diff(R_1)
ans =
    -9*cos(2*x)*exp(x) - 12*sin(2*x)*exp(x)
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Dérivées d'une fonction : Commande **diff**

```
>> syms x y;
diff(cos(2*x*y),x)
ans =
    (-2)*y*sin(2*x*y)

>> diff(cos(2*x*y),y)
ans =
    (-2)*x*sin(2*x*y)

>> diff(x^3 - 2*y + 5,x,1)
ans =
    3*x^2

>> diff(x^3 - 2*y + 5,y,1)
ans =
    -2

>> diff(x^3 - 2*y + 5,x,3)
ans =
    6
```

```
>> syms x y
>> g = y*sin(x)*cos(y)
g =
    y*cos(y)*sin(x)

>> diff(g,x)
ans =
    y*cos(x)*cos(y)

>> diff(g, x,2)
ans =
    -y*cos(y)*sin(x)

>> diff(g, y,3)
ans =
    y*sin(x)*sin(y) - 3*cos(y)*sin(x)
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Intégration : Commande **int**

$$\int_0^{\pi/2} \sin^2(x) dx = \frac{\pi}{4}$$

```
>> syms x;
>> int(sin(x)^2,0,pi/2)
ans =
pi/4
```

$$\int_0^{\pi/2} \left(\frac{3}{8} - \frac{1}{2} \cos(2x) + \frac{1}{8} \cos(4x) \right) dx = 3 \frac{\pi}{16}$$

```
>> int(3/8 - 1/2*cos(2*x) + 1/8*cos(4*x),0,pi/2)
ans =
(3*pi)/16
```

$$\int_0^1 \frac{1}{1+x^2} dx = \frac{\pi}{4}$$

```
>> int(1/(1+x^2),0,1)
ans =
pi/4
```

$$\int_0^1 \frac{1}{(1+x^2)^2} dx = \frac{\pi}{8} + \frac{1}{4}$$

```
>> int(1/(1+x^2)^2,0,1)
ans =
pi/8 + 1/4
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Intégration : Commande **int**

$$\int \frac{\sin(x)\cos(x)}{1 + \sin(x)} dx = \sin(x) - \log(\sin(x) + 1)$$

$$\int_0^{\pi/2} \frac{\sin(x)\cos(x)}{1 + \sin(x)} dx = 1 - \log(2)$$

$$\int (x^2 - 6x + 3) dx = \frac{1}{3}(x(x^2 - 9x + 9))$$

$$\int_1^3 (x^2 - 6x + 3) dx = \frac{-28}{3}$$

```
>> syms x;
```

```
>> int(sin(x)*cos(x)/(1+sin(x)))
```

```
ans =
```

```
sin(x) - log(sin(x) + 1)
```

```
>> int(sin(x)*cos(x)/(1+sin(x)),0,pi/2)
```

```
ans =
```

```
1 - log(2)
```

```
>> int(x^2-6*x+3)
```

```
ans =
```

```
(x*(x^2 - 9*x + 9))/3
```

```
>> int(x^2-6*x+3,1,3)
```

```
ans =
```

```
-28/3
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Calcul de limite : Commande **limit**

```
>> syms x;  
>> limit((x - 7)/(x^2 - 49),7)  
ans =  
    1/14  
  
>> limit((x - 7)/(x^2 - 49),+inf)  
ans =  
    0  
  
>> limit(sin(3*x)/tan(7*x),0)  
ans =  
    3/7  
  
>> limit((sin(x)-1)*tan(x)^2,pi/2)  
ans =  
   -1/2
```

```
>> syms x  
>> limit(x/abs(x),x,0)  
ans =  
    NaN  
  
>> limit(x/abs(x),x,0,'right')  
ans =  
    1  
  
>> limit(x/abs(x),x,0,'left')  
ans =  
   -1
```

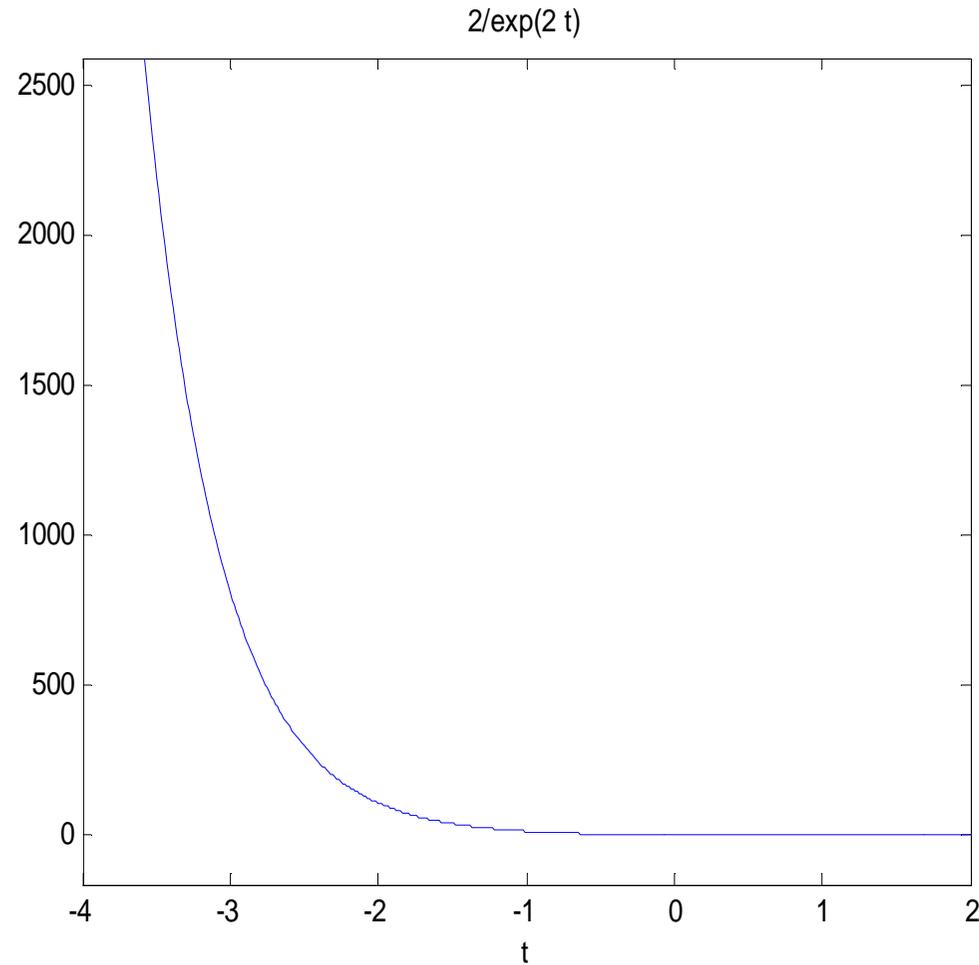


➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Équation différentielle : Commande **dsolve**

```
>> syms y;  
>> dsolve('Dy + 2*y = 0')  
ans =  
C2/exp(2*t)  
  
dsolve('Dy + 2*y = 0','y(0) = 2')  
ans =  
2/exp(2*t)  
ezplot(Solution1,[-4 2])  
xlabel('t')  
ylabel('y(t)')  
grid on
```

$$y' + 2y = 0; y(0) = 2$$



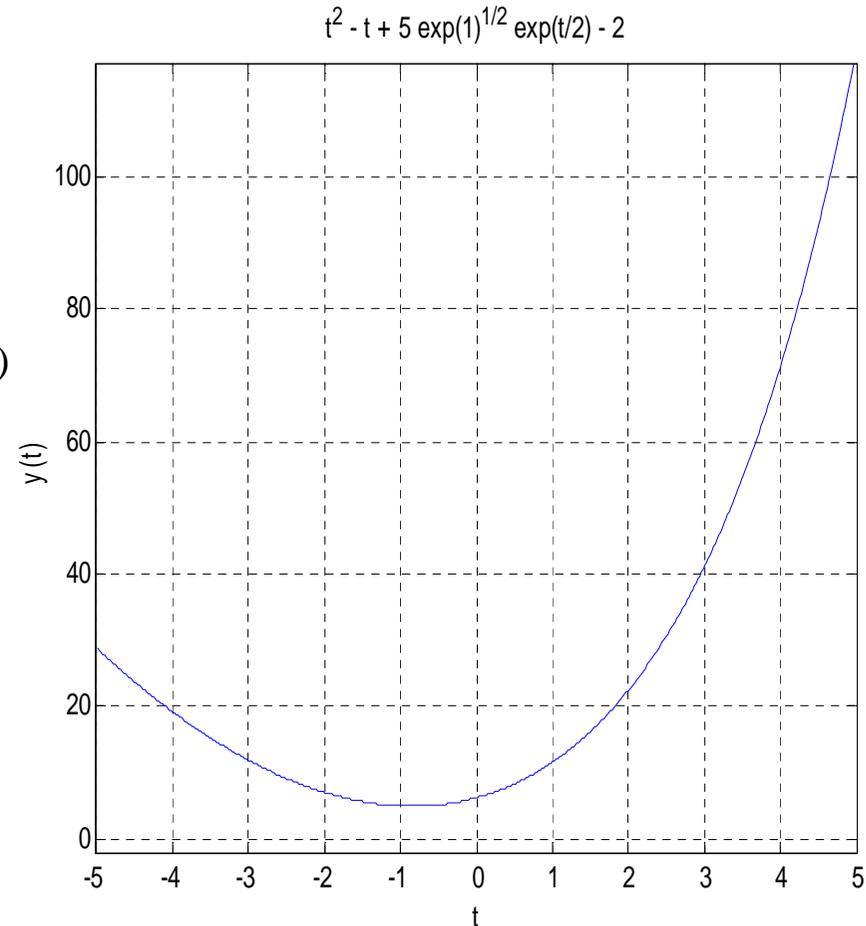


Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Équation différentielle : Commande **dsolve**

```
>> syms y t;  
>> dsolve('2*Dy - y = -t^2 + 5*t')  
ans =  
t^2 - t + C2*exp(t/2) - 2  
  
Solution2 = dsolve('2*Dy - y = -t^2 + 5*t','y(-1) = 5')  
Solution2 =  
t^2 - t + 5*exp(1)^(1/2)*exp(t/2) - 2  
  
ezplot(Solution2,[-5 5])  
xlabel('t')  
ylabel('y(t)')  
grid on
```

$$2\dot{y} - y = -t^2 + 5t ; y(-1) = 5$$



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Équation différentielle : Commande **dsolve**

```
syms y;
```

```
Solution3 = dsolve('D2y + 0.5*y = 0','y(0)=1','Dy(0)=0')
```

```
Solution3 =
```

```
cos((2^(1/2)*t)/2)
```

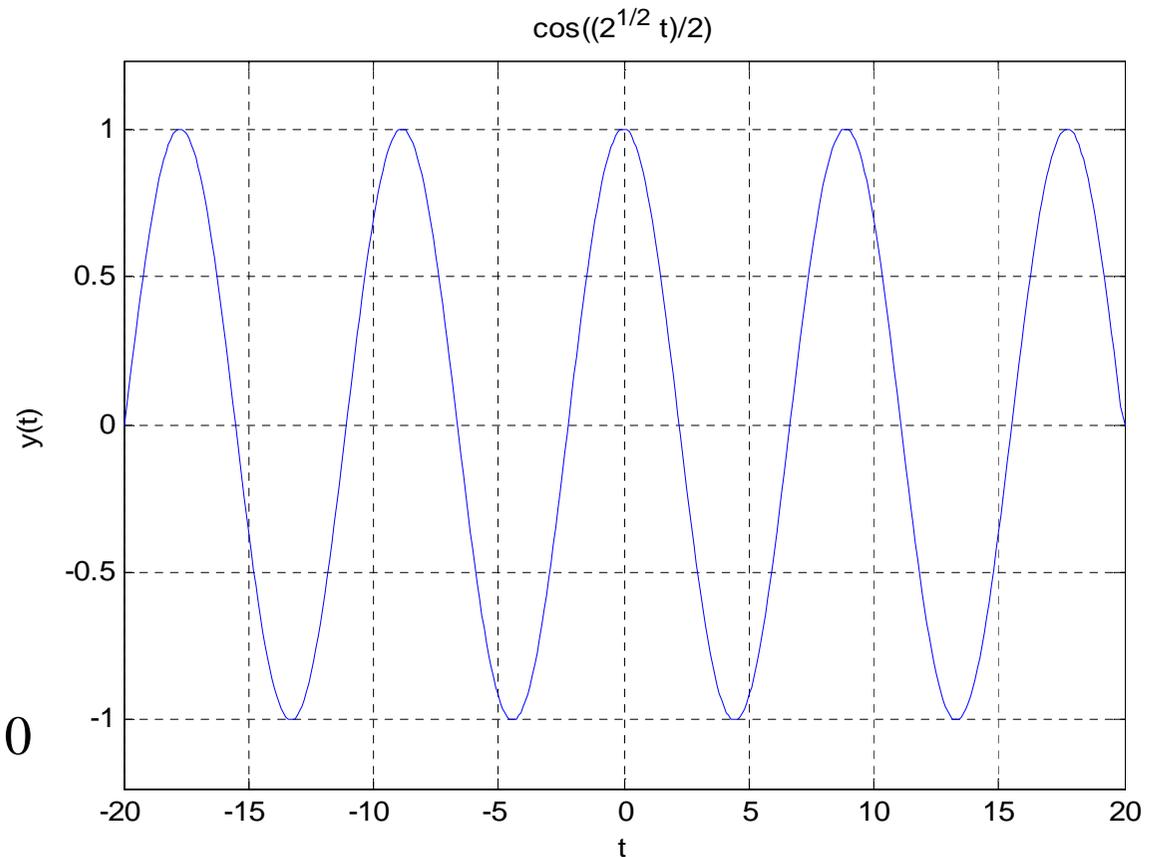
```
ezplot(Solution3,[-20 20])
```

```
xlabel('t')
```

```
ylabel('y(t)')
```

```
grid on
```

$$y'' + 0,5y = 0 ; y(0) = 1, \dot{y}(0) = 0$$





➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Équation différentielle : Commande **dsolve**

```
syms y;
```

```
Solution4 = dsolve('D2y + 2*Dy + y = 0','y(0)=1','Dy(0)=0')
```

```
Solution4 =
```

```
1/exp(t) + t/exp(t)
```

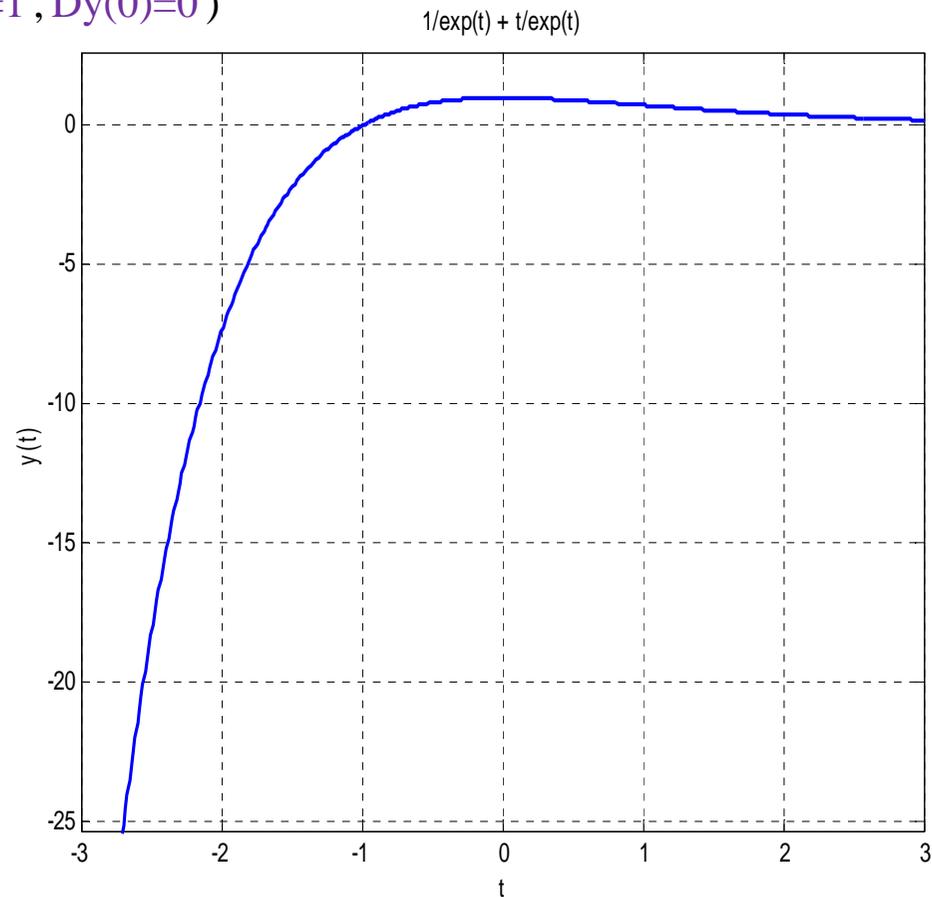
```
ezplot(Solution4,[-3 3])
```

```
xlabel('t')
```

```
ylabel('y(t)')
```

```
grid on
```

$$\ddot{y} + 2\dot{y} + y = 0 ; y(0)=1, \dot{y}(0)=0$$





Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

Transformée de Laplace : Commande **laplace**

```
>> f = sym('7')
```

```
f =
```

```
7
```

```
>> F = laplace(f)
```

```
F =
```

```
7/s
```

```
>> g = sym('x')
```

```
g =
```

```
x
```

```
>> G = laplace(g)
```

```
G =
```

```
1/s^2
```

```
>> h = sym('exp(8*t)');
```

```
>> H = laplace(h)
```

```
H =
```

```
1/(s - 8)
```

```
>> q = sym('x^2 + x + 1');
```

```
>> Q = laplace(q)
```

```
Q =
```

```
1/s + 1/s^2 + 2/s^3
```

```
>> pretty(laplace(q))
```

```
1 1 2
```

```
- + - - + - -
```

```
2 3
```

```
s s s
```

```
>> a = sym('x^2 + x + exp(-3*t)')
```

```
a =
```

```
x^2 + x + 1/exp(3*t)
```

```
>> pretty(laplace(a))
```

```
2
```

```
x 1 x
```

```
-- + ----- + -
```

```
s s + 3 s
```



➔ Familiarisation et prise en main du calcul formel avec Matlab

■ Transformée de Laplace : Commande **laplace**

```
>> b = sym('3/s');
```

```
>> B = sym('3/s');
```

```
>> b = ilaplace(B)
```

```
b =
```

```
3
```

```
>> C = sym('(t - 1) / (t^2 + 2*t + 5)');
```

```
>> c = ilaplace(C)
```

```
c =
```

```
(cos(2*x) - sin(2*x))/exp(x)
```

```
>> D = sym('-1/(2*(p+1)) - 1/(p+2) + 2/(p+3)');
```

```
>> d = ilaplace(D)
```

```
d =
```

```
2/exp(3*t) - 1/exp(2*t) - 1/(2*exp(t))
```

```
>> E = sym('exp(-5*p) / (p+2)');
```

```
>> e = ilaplace(E)
```

```
e =
```

```
heaviside(t - 5)*exp(10 - 2*t)
```

Cours d' **Informatique 2 : MATLAB**

Version 3.0 (Janvier 2023)

MATLAB POUR L'INGÉNIEUR

STPI-1

ENSAO, 2022 – 2023

Fin de la Partie 3

Prof. Kamal GHOUMID