

Rappel de cours

•

Exercice 1

Résoudre l'équation différentielle :

$$y'(t) - \frac{t}{t^2+1}y(t) = t$$

1.1

Si l'équation homogène est de la forme:

$$y'(t) = a(t)y(t)$$

Alors la solution est

$$y_0(t) = \lambda e^{A(t)} \text{ avec } A'(t) = a(t)$$

Dans notre cas on a $a(t) = \frac{t}{t^2+1}$, on cherche $A(t) = \int \frac{t}{t^2+1} dt$. Par substitution $u = t^2 + 1$, ce qui fait $\frac{du}{dt} = 2t$, donc $dt = \frac{1}{2t} du$.

$$\int \frac{t}{t^2+1} dt = \int \frac{t}{t^2+1} \frac{1}{2t} du = \frac{1}{2} \int \frac{1}{u} du = \frac{1}{2} \ln(u) = \frac{1}{2} \ln(t^2+1)$$

Donc

$$y_0(t) = \lambda e^{\frac{1}{2} \ln(t^2+1)} = \lambda \sqrt{e^{\ln(t^2+1)}} = \lambda \sqrt{t^2+1}$$

1.2

Calculer une solution particulière par la methode de la variation de la constante. Si l'équation homogène est de la forme:

$$y'(t) = a(t)y(t) + b(t)$$

Alors la solution est

$$y_1(t) = \lambda(t)e^{A(t)} \text{ avec } A'(t) = a(t) \text{ et } \lambda'(t) = b(t)e^{-A(t)}$$

Dans notre cas $a(t) = \frac{t}{t^2+1}$, $A(t) = \frac{1}{2} \ln(t^2+1)$, $\lambda(t) = \int t.e^{-A(t)} dt = \int \frac{t}{\sqrt{t^2+1}} dt$. Par substitution $u = t^2 + 1$, $\frac{du}{dt} = 2t$ donc $dt = \frac{1}{2t} du$

$$\int \frac{t}{\sqrt{t^2+1}} dt = \int \frac{t}{\sqrt{t^2+1}} \frac{1}{2t} du = \frac{1}{2} \int \frac{1}{\sqrt{u}} du = \frac{1}{2} \cdot 2\sqrt{u} = \sqrt{u} = \sqrt{t^2+1}$$

Donc

$$y_1(t) = \lambda(t)e^{A(t)} = \sqrt{t^2+1} \cdot \sqrt{t^2+1} = t^2+1$$

1.3

L'unique solution vérifiant $y(0) = 0$ est

$$y(t) = y_0(t) + y_1(t) = \lambda \sqrt{t^2+1} + t^2+1$$

$$y(0) = \lambda \sqrt{0^2+1} + 0^2+1 = 0, \text{ donc } \lambda = -1$$

Donc

$$y(t) = -\sqrt{t^2+1} + t^2+1$$

Exercice 2

Résoudre l'équation différentielle :

$$y''(t) - 2y'(t) - 3y(t) = 3t^2 - 2t$$

2.1

Si l'équation homogène est de la forme:

$$y''(t) + b.y'(t) + a.y(t) = 0$$

Alors la solution est

$$y_0(t) = \lambda e^{r_1 t} + \mu e^{r_2 t}, \text{ avec } r_1, r_2 \text{ les solutions de } r^2 + br + a = 0$$

Dans notre cas $b = -2$ et $a = -3$. Les solutions de l'équation $r^2 - 2r - 3 = 0$ sont

$$r_1 = \frac{-(-2) + \sqrt{(-2)^2 - 4.(1)(-3)}}{2.(1)} = 3, \quad r_2 = \frac{-(-2) - \sqrt{(-2)^2 - 4.(1)(-3)}}{2.(1)} = -1$$

Donc

$$y_0(t) = \lambda e^{3t} + \mu e^{-t}$$

2.2

En prenant $y(t) = at^2 + bt + c$, $y'(t) = 2at + b$ et $y''(t) = 2a$ on a

$$2a - 2(2at + b) - 3(at^2 + bt + c) = 3t^2 - 2t = 2a - 4at - 2b - 3at^2 - 3bt - 3c = 3t^2 - 2t$$

$$(-3a - 3)t^2 + (-3b - 4a + 2)t + 2a - 3c = 0$$

Il faut résoudre

$$\begin{cases} 2a - 3c = 0 \\ -3b - 4a + 2 = 0 \\ -3a - 3 = 0 \end{cases}$$

Donc $a = -1$, $b = 2$ et $c = -\frac{2}{3}$.

Donc

$$y_1(t) = -t^2 + 2t - \frac{2}{3}$$

2.3

La solution de F est

$$y(t) = y_0(t) + y_1(t) = \lambda e^{3t} + \mu e^{-t} - t^2 + 2t - \frac{2}{3}$$

2.3

Avec $y'(0) = -4$, $y(0) = 0$

$$y(0) = \lambda e^{3 \cdot 0} + \mu e^{-0} - 0^2 + 2 \cdot 0 - \frac{2}{3} = \lambda + \mu - \frac{2}{3} = 0$$

$$y'(0) = 3\lambda e^{3 \cdot 0} - \mu e^{-0} - 2 \cdot 0 + 2 = 3\lambda - \mu + 2 = -4$$

Donc $4\mu - 4 = 4$, donc $\mu = 2$ et $\lambda = -\frac{4}{3}$ Donc

$$y(t) = -\frac{4}{3}e^{3t} + 2e^{-t} - t^2 + 2t - \frac{2}{3}$$