

BACHELOR UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

Ressource R2-04 : OUTILS MATHEMATIQUES ET LOGICIELS

Chapitre 9 : EDLCC du premier et du second ordre

Circuit RLC :

q est la charge du condensateur, C la capacité et L l'inductance de la bobine.

On a : $i = \frac{dq}{dt}$, $u_{MN} = \frac{q}{C}$ et $u_{NM} = L \frac{di}{dt} + Ri = -\frac{q}{C}$ donc q vérifie l'équation différentielle :

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \text{ ou encore } \boxed{\frac{d^2q}{dt^2} + 2\lambda \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0}$$

avec les notations : $\lambda = \frac{L}{2R}$ constante d'amortissement, et $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ pulsation propre du circuit.

Freinage d'un disque :

La vitesse angulaire d'un disque, notée v , vérifie : $\boxed{v'' = -kv}$

Mouvement d'un pendule de torsion :

Moment d'inertie J , élongation angulaire θ , constante de torsion C , couple de freinage $-B \frac{d\theta}{dt}$.

$$\theta \text{ vérifie : } \boxed{J \frac{d^2\theta}{dt^2} + B \frac{d\theta}{dt} + C\theta = 0}$$

Mouvement d'un ressort :

Objet de masse m accroché à un ressort de masse négligeable. k raideur du ressort.

$$x(t) \text{ longueur du ressort à l'instant } t. x \text{ vérifie : } \boxed{m \frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0}.$$

Mouvement d'un pendule pesant :

$$J\alpha'' + mga \sin(\alpha) = 0$$

Lorsque les oscillations sont de faible amplitude, c'est-à-dire α « petit », on remplace $\sin(\alpha)$ par α et l'équation devient alors : $\boxed{J\alpha'' + mga \times \alpha = 0}$

Partie A : EDLCC du premier ordre

On appelle équation différentielle linéaire à coefficients constants du premier ordre toute équation de la forme :

$$a.y'(t) + b.y(t) = f(t) \quad (E)$$

où $a \neq 0$, b sont des constantes réelles, y une fonction inconnue (que l'on cherche à déterminer) et f une fonction continue sur un intervalle I de $\mathbb{R}$.

On note aussi cette équation :

$$a.\frac{dy}{dt} + b.y = f \quad (E)$$

La fonction $t \mapsto f(t)$ est appelée second membre de l'équation (E).

L'équation : $a.\frac{dy}{dt} + b.y = 0 \quad (E_0)$ est appelée équation différentielle sans second membre associée à (E).

Théorème : Les solutions de l'EDLCC du premier ordre $a.\frac{dy}{dt} + b.y = f \quad (E)$ sont obtenues de la façon suivante :

- a) On résout l'équation sans second membre associée, les solutions sont : $y_0(t) = K.e^{-\frac{b}{a}t}$
- b) On cherche une solution particulière de l'équation (E), on la note y_p
- c) Les solutions de (E) sont alors $y(t) = y_0(t) + y_p(t)$. Ces solutions sont aussi appelées "solution générale" de l'équation (E).

Recherche d'une solution particulière

Forme du second membre $t \mapsto f(t)$	Forme de la solution particulière cherchée $t \mapsto y_p(t)$
$f(t) = \text{constante}$	$y_p(t) = \text{constante}$
$f(t) = \text{polynôme}$	$y_p(t) = \text{polynôme de même degré}$
$f(t) = \alpha.\cos(mt) + \beta.\sin(mt)$ où α, β et m sont des réels	$y_p(t) = A.\cos(mt) + B.\sin(mt)$ où A et B sont des constantes.
$f(t) = g(t).e^{m.t}$ où m est un réel.	$y_p(t) = z(t).e^{m.t}$

Théorème de superposition (lorsque le second membre de (E) est une somme de fonctions)

Soit l'équation à résoudre : $a.\frac{dy}{dt} + b.y = f_1(t) + f_2(t) + f_3(t) \quad (E)$,

Si $t \mapsto y_1(t)$ est une solution particulière de l'équation $a.\frac{dy}{dt} + b.y = f_1(t)$,

Si $t \mapsto y_2(t)$ est une solution particulière de l'équation $a.\frac{dy}{dt} + b.y = f_2(t)$,

Et si $t \mapsto y_3(t)$ est une solution particulière de l'équation $a.\frac{dy}{dt} + b.y = f_3(t)$,

Alors la fonction $t \mapsto y_1(t) + y_2(t) + y_3(t)$ est une solution particulière de (E).

Définition / Théorème L'équation différentielle linéaire du premier ordre (E)

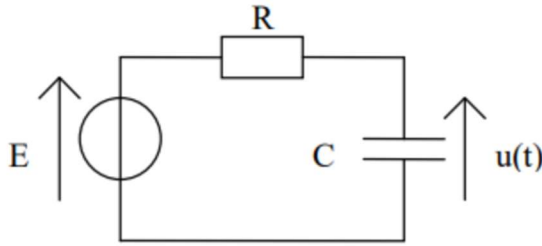
$a.y'(t) + b.y(t) = f(t)$ possède une infinité de solutions sur I notées : $y_G(t) = y_0(t) + y_p(t)$.

Condition initiale : il existe une unique solution y de (E) sur I , vérifiant la condition initiale : $y(t_0) = y_0$, où t_0 et y_0 sont des valeurs données dans l'énoncé du problème.

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

EXERCICES

- 1) Résoudre l'EDLCC ci-dessous, sachant que le circuit est initialement au repos.



$$RCu' + u = E.$$

- 2) Résoudre l'équation (E) sur $\mathbb{R}$: $3 \frac{dy}{dt} - 2y = 2t + 1$ (on cherchera une solution particulière y_p sous la forme d'un polynôme de degré 1.), avec la condition initiale : $y(0) = 1$.
- 3) Résoudre : $5y' - 2y = t^2$
- 4) Pour les poursuites d'études : Résoudre les EDLCC du premier ordre suivantes :
 $2y' - y = x^3 - x + 2$; $2.y' - 3.y = \cos x - 2 \sin x$; $y' - 2y = e^{2x}(x^2 - 3)$

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Partie B : EDLCC du second ordre

Cette deuxième partie est consacrée à l'étude des Equations Différentielles Linéaires à Coefficients Constants du second ordre. Ces équations différentielles se rencontrent par exemple dans l'étude des régimes transitoires pour des dipôles R, L, C

I. Définition / Résolution

Introduction Résoudre sur $\mathbb{R}$ l'équation différentielle suivante : $y'' + y' - 2y = 0$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

[illegible]

[illegible]

Théorème/ Définition : On appelle équation différentielle linéaire à coefficients constants du second ordre toute équation de la forme : (E) $a.y''(t) + b.y'(t) + c.y(t) = f(t)$ (où $a \neq 0$, b et c sont des réels et f est une fonction continue sur I).

On note aussi : $a.\frac{d^2y}{dt^2} + b.\frac{dy}{dt} + c.y(t) = f(t)$ (E)

Résoudre l'équation (E), c'est rechercher toutes les fonctions y deux fois dérivables sur I et vérifiant (E). Pour cela :

a) On résout l'équation sans second membre associée :

$$(E_0) a.y''(t) + b.y'(t) + c.y(t) = 0$$

On résout l'équation caractéristique : $a.r^2 + b.r + c = 0$

- si $\Delta > 0$, r_1 et r_2 sont les solutions réelles de l'équation caractéristique et les solutions de (E_0) sont alors $y_0(t) = K_1 e^{r_1 t} + K_2 e^{r_2 t}$ où K_1 et K_2 sont des constantes réelles

- si $\Delta = 0$, r_1 est solution double de l'équation caractéristique et les solutions de (E_0) sont alors $y_0(t) = e^{r_1 t} (K_1 + K_2 t)$ où K_1 et K_2 sont des constantes réelles.

- si $\Delta < 0$, $r_1 = \alpha + i\beta$ et $r_2 = \overline{r_1}$ sont les solutions complexes de l'équation caractéristique et les solutions de (E_0) sont alors

$y_0(t) = e^{\alpha t} (K_1 \cos(\beta t) + K_2 \sin(\beta t))$ où K_1 et K_2 sont des constantes réelles.

b) On recherche une solution particulière de (E), que l'on note y_p .

c) Les solutions de (E) sont toutes les fonctions de la forme : $y_G(t) = y_0(t) + y_p(t)$, appelées solutions générales de (E).

Recherche d'une solution particulière :

Dans les cas les plus courants, on cherchera une solution particulière de l'équation

$a.\frac{d^2y}{dt^2} + b.\frac{dy}{dt} + c.y(t) = f(t)$ (E), du même type que la fonction f apparaissant au second membre de (E).

Forme du second membre $t \mapsto f(t)$	Forme de la solution particulière cherchée $t \mapsto y_p(t)$
$f(t) = \text{constante}$	$y_p(t) = \text{constante}$
$f(t) = \text{polynôme}$	$y_p(t) = \text{polynôme de même degré}$
$f(t) = \alpha.\cos(mt) + \beta.\sin(mt)$ où α, β et m sont des réels	$y_p(t) = A.\cos(mt) + B.\sin(mt)$ où A et B sont des constantes.
$f(t) = g(t).e^{m.t}$ où m est un réel.	$y_p(t) = z(t).e^{m.t}$

Théorème de superposition (lorsque le second membre de (E) est une somme de fonctions)

Soit l'équation à résoudre : $a.\frac{d^2y}{dt^2} + b.\frac{dy}{dt} + cy(t) = f_1(t) + f_2(t) + f_3(t)$ (E),

Si $t \mapsto y_1(t)$ est une solution particulière de l'équation $a.\frac{d^2y}{dt^2} + b.\frac{dy}{dt} + cy(t) = f_1(t)$,

Si $t \mapsto y_2(t)$ est une solution particulière de l'équation $a.\frac{d^2y}{dt^2} + b.\frac{dy}{dt} + cy(t) = f_2(t)$,

Et si $t \mapsto y_3(t)$ est une solution particulière de l'équation $a.\frac{d^2y}{dt^2} + b.\frac{dy}{dt} + cy(t) = f_3(t)$,

Alors la fonction $t \mapsto y_1(t) + y_2(t) + y_3(t)$ est une solution particulière de (E).

Remarque Ce résultat s'étend au cas où f , le second membre de (E) est la somme d'un nombre quelconque de fonctions.

II. Etude d'exemples

Exemples Résoudre sur $\mathbb{R}$ les équations différentielles suivantes sur $\mathbb{R}$:

✓ $y'' + y' - 2y = x^2 - 4$ (E)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$$\text{que : } R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

[illegible]

Examples

Résoudre l'équation différentielle (E) sur $\mathbb{R}$:
$$\begin{cases} y'' + y' - 2y = x^2 - 4 \\ y(0) = 1 \\ y'(0) = 0 \end{cases}$$

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting practice. There are no margins, text, or other markings on the page.

[illegible]

Exercices du chapitre 4 :

Exercice 1 EDLCC du 2nd ordre

Résoudre les équations différentielles suivantes :

1) $y'' - y' - 2y = 6x^2$

2) $y'' + 2y' + 5y = \cos(2x) + 2\sin(2x)$

3)
$$\begin{cases} y'' - 4y' + 3y = -\frac{4}{5}x.e^{-x} \\ y(0) = 1 \\ y'(0) = 0 \end{cases}$$

4)
$$\begin{cases} \frac{d^2y}{dt^2} - \omega^2 y(t) = 0 \\ y(0) = 0, y'(0) = A \end{cases}$$
 où ω est une constante réelle non nulle.

5)
$$\begin{cases} \frac{d^2y}{dt^2} + \omega^2 y(t) = 0 \\ y(0) = 1, y'(0) = 0 \end{cases}$$
 où ω est une constante réelle non nulle.

6) Pour les poursuites d'études : (extrait épreuves ITII)

Question 5 On considère l'équation différentielle $y'' - 6y' + 10y = f(t)$.

L'équation caractéristique associée est :

Pour $f(t) = 0$ la solution générale est :

$y(t) =$

Pour $f(t) = 10t^2 - 2t + 6$ la solution telle que $y(0) = y'(0) = 0$ est :

$y(t) =$

Retrouver les solutions en appliquant la transformation de Laplace.

.....

.....

.....

.....

This image shows a full page of primary-ruled paper. It features approximately 20 horizontal dotted lines spaced evenly down the page, providing a guide for handwriting practice. The paper is otherwise blank, with no margins, text, or other markings.

[illegible]

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

[illegible]