



République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement supérieure et de la
Recherche scientifique



UNIVERSITE D'EL-OUED

FACULTE DES SCIENCE ET TECHNOLOGIE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour L'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : science et technologie

Spécialité : génie mécanique

Option : électromécanique industrielle

Thème

**Réalisation D'une Interface Matlab pour L'etude
Des circuits R.L.C**

Devant le jury composé de :

● Bennouna Mohamed Salah

Présenté par :

● Makhlouf Ali

● Souaker Abdelkader

2012/2013

REMERCIEMENTS

*Louange à notre Seigneur "ALLAH" qui m'a doté
De la merveilleuse faculté de raisonnement. Louange à
mon Créateur qui m'a incité à acquérir le savoir.*

*Au terme de ce modeste travail, j'voudrais
Adresser mes vifs remerciements à tous mes professeurs
D'université qui ont contribué à ma formation.*

*J'exprime mon profonde gratitude à mon encadreur Mr BENNOUA
MOHAMMED Alssaleh et au chef de département Mr Menacer Redha,
ce fut une grande fierté et un honneur pour moi de travailler sous la
houlette des hommes pour lesquels j'ai une grande admiration, je les
remercie pour leurs aides et ces précieux conseils.*

*Mes remerciements s'adressent également à monsieur le président de
jury et les membres des jurys pour l'honneur qu'ils me font d'assister
à mon soutenance.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements au professeur Mlle
Chihani Ouassila pour sa disponibilité et ses conseils qui m'ont permis
de mener à terme ce travail.*

Je remercie aussi mes amis Dahmri Belgacem ; Ali Ghoubech et Nabil

Ouaghed mes amis de la Promotion électromécanique Salah ;

Tamime ; Abdennacer ; Khalil ; Khaled ; Oussama ;

Ennouri; abdelghani et hamza

*Pour finir je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à
l'aboutissement de ce travail.*

Ali

SOMMAIRE

Introduction générale	page 1
-----------------------------	--------

CHAPITRE I

I.1. Introduction.	Page 1
-------------------------	--------

Etude des différents composants des circuits RLC

1-2. Les résistances	Page 1
1-2.1. Définition	Page 1
1-2.2. Symboles.	Page 1
I-3. Les capacités	Page 1
I -3.1. Définition	Page 1
I -3.2. Symboles	Page 1
I -3.3. Symbole de l'unité.	Page 3
I-4. Inductance.	Page 3
I-4.1. Symboles d'une inductance.	Page 3
I-4.2. La réactance X_L	Page 3
I.5. Impédance	Page 1
II-6. Circuits RLC.	Page 1
I-6.1. Utilisation des circuits RLC	Page 4
I.6.1.1. Introduction au Filtrage	Page 4
I-6.2. Filtres RLC passe-bas	Page 4
I-6.2.1. Filtre en forme de T	Page 4
I-6.2.2. Filtre en forme de π	Page 4
I-6.3. Filtres RLC passe-haut	Page 5
I.7. Circuit à courant alternatif avec R ou L ou C seuls	Page 6
I.7.1. Résistance.	Page 6
I.7. 2. Condensateur	Page 7
I.7.3. Inductance	Page 8
I.8. Circuit à courant alternatif comprenant R et C ou R et L	Page 10
I.8.1. Circuit RC série	Page 10
I.8.2. Circuit RL série	Page 12
I.8.3. Circuit RL parallèle	Page 13
I.8.4. Circuit RC parallèle	Page 15
I.8.5. Circuit RLC série	Page 16
I.8.6. Circuit RLC parallèle	Page 17
I.9. Conclusion du chapitre	Page 18

Chapitre II

Fonction de transfert de réseaux

II.1. Introduction	Page 19
II.2. Circuit RC série passe bas 1 ^{er} ordre	Page 19
II.2.1. Calcul d'impédance totale du circuit	Page 19
II.2.2. fonction transfert du circuit.	Page 20
II.2.3. module de fonction de transfert	Page 20
II.2.4. La phase de fonction de transfert	Page 20
II.3. Circuit RL série de passe haut 1 ^{er} ordre	Page 21
II.3.1. Calcul l'impédance du circuit	Page 22

II.3.2.	Calcul fonction transfert du circuit	Page 22
II.3.3.	Module de fonction transfert	Page 22
II.3.4.	Phase de fonction de transfert	Page 22
II.4.	Circuit RL parallèle de premier ordre	Page 24
II.4.1.	Fonction transfert	Page 24
II.4.2.	Module de fonction transfert.	Page 24
II.4.3.	La phase de fonction transfert	Page 24
II.5.	Circuit RC parallèle du premier ordre	Page 26
II.5.1.	Fonction transfert	Page 26
II.5.2.	Calcul du module de la fonction de transfert	Page 26
II.5.3.	Phase de fonction de transfert	Page 26
II.6.	Circuit RLC série passe bas du deuxième ordre.	Page 28
II.6.1.	Calcul de l'impédance totale du circuit	Page 28
II.6.2.	Calcul la fonction de transfert	Page 28
II.6.3.	Module de fonction de transfert	Page 29
II.6.4.	Phase de la fonction de transfert	Page 29
II.7.	Circuit passe haut RLC du 2 ^{em} ordre.	Page 31
II.7.1.	Calcul de la fonction de transfert	Page 31
II.7.2.	Module de la fonction de transfert	Page 31
II.7.3.	Phase de la fonction de transfert	Page 31
II.8.	Circuit passe-bande RLC du 2 ^e ordre	Page 33
II.8.1.	Calcul de la fonction de transfert	Page 33
II.8.2.	Calcul du module de la fonction de transfert	Page 33
II.8.3.	Phase de la fonction de transfert	Page 33
II.9.	Circuit Passe haut RLC parallèle du 2 nd ordre	Page 35
II.9.1.	Calcul fonction de transfert	Page 35
II.9.2.	Module de fonction de transfert	Page 36
II.9.3.	Phase de fonction de transfert	Page 36
III	Régime transitoire	Page 37
III.1	Introduction.. . . .	Page 37
III.2	Equation Différentielle du circuit électrique	Page 38
III.3	Circuit RC	Page 38
III.4.	Circuit RL	Page 40
III.5	Circuit RLC série	Page 42
III.6	Circuit LC	Page 46
III.7	Circuit RLC parallèle	Page 48

CHAPITRE III

Introduction	Page 51
Présentation de Matlab	Page 51
Operations sur les matrices	Page 53
Operations sur les vecteurs	Page 54
Fonctions sur les matrices	Page 55
Les boucles dans Matlab	Page 56
Les testes logiques.	Page 56
Les fichiers fonctions.	Page 57
Graphisme	Page 57

CHAPITRE IV

Réalisation de l'interface Matlab

IV.	Réalisation d'une interface graphique par (Gui Matlab) pour circuit RLC	Page 60
IV.1.	Circuit RLC vue par logiciel Matlab.	Page 60
IV.2.	Introduction à la programmation des interfaces graphiques	Page 60
IV.2.1.	Avant-propos	Page 60
IV.3.	Les objets graphiques et leur fonctionnement	Page 61
IV.3.1.	Les objets graphiques	Page 61
IV.3.2.	Les identifiants des objets graphiques	Page 63
IV.3.3.	Les propriétés des objets graphiques	Page 64
IV.4.	Programmation Avec <i>GUIDE</i> ou bien en solo	Page 64
IV.4.1.	Présentation	Page 64
IV.4.2.	Exemple à partir d'un GUI simple.	Page 65
IV.4.2.1	Avec le <i>GUIDE</i>	Page 66
IV.4.2.1.1.	Code généré automatiquement par le <i>GUIDE</i>	Page 66
IV.4.2.1.2.	Sans le <i>GUIDE</i>	Page 67
IV.5.	Construction de l'interface	Page 68
IV.5.1.	Fichier principal.	Page 78
IV.5.2.	Schéma RLC	Page 78
IV.5.3.	Diagramme temporel Diagramme de Bode	Page 78
IV.5.4.	Exemple d'une interface construite.	Page 79
IV.5.4.1.	Caractérisation des circuits RLC	Page 80
IV.5.4.2.	Signal d'entrée.	Page 80
IV.5.4.3.	Propriétés du circuit	Page 81
IV.6.	<i>SIMULATION DES CIRCUITS RLC</i>	Page 81
IV.6.1.	Introduction à l'interface de dialogue.	Page 81
IV.6.2.	Circuit RLC sortie aux bornes de condensateur	Page 83
IV.6.3.	Circuit RLC série la sortie aux bornes de la bobine	Page 84
IV.6.4.	Circuit RLC Série la Sortie aux bornes de la Résistance.. . . .	Page 85
IV.6.5.	Circuit RC Série la Sortie aux bornes du condensateur.	Page 86
IV.6.6.	Circuit RC Série la Sortie aux bornes de la résistance.	Page 87
IV.6.7.	Circuit RL série sortie aux bornes de la bobine.	Page 88
IV.6.8.	Circuit RL série sortie aux bornes de la résistance.	Page 89

Introduction Générale

L'étude des régimes transitoires et fréquentiels dans les circuits RLC doit désormais faire intervenir l'acquisition de données. L'oscilloscope numérique actuel dont le convertisseur analogique numérique 8 bits n'est pas assez performant. Il sera utilisé en mode analogique comme instrument de contrôle indispensable pour bien préparer l'acquisition des mesures avec l'interface graphique par MATLAB (GUI). Le traitement informatique des données, la présentation des résultats sous forme de courbes faciles, les modélisations, rendent les Travaux Pratiques beaucoup plus démonstratif en ce qui concerne la compréhension des phénomènes physiques. Les étudiants actuels assimilent assez rapidement le fonctionnement de l'interface graphique (GUI) que nous leur proposons. Le développement de cette aptitude fait aussi partie de leur formation. L'interface graphique (GUI) possède un mode simulation qui permet de préparer le TP avant la séance.

Pour pouvoir visualiser en temps réel la modification des courbes en fonction des paramètres, présente un intérêt pédagogique évident. La plupart des gens ignore que c'est se possible de le faire très facilement avec une programmation et une simple interface graphique par MATLAB (GUI). L'objectif de cet article est de montrer avec un exemple pour les circuits RLC.

MATLAB est un logiciel de calcul numérique produit par MathWorks Il est disponible sur plusieurs plateformes.

MATLAB est un langage simple et très efficace, optimisé pour le traitement des matrices, d'où son nom. Pour le calcul numérique, MATLAB est beaucoup plus conçu que les "vieux" langages (C++, Pascal, Fortran, Basic). Par exemple: plus besoin de programmer des boucles pour modifier un à un les éléments d'une matrice. On peut traiter la matrice comme une simple variable. MATLAB contient également une interface graphique puissante, ainsi qu'une grande variété d'algorithmes scientifiques.

On peut enrichir MATLAB en ajoutant des "boîtes à outils" (toolbox) qui sont des ensembles de fonctions supplémentaires, profilées pour des applications particulières (traitement de signaux, optimisation, etc.). Nous décrivons ici le langage MATLAB qui est indépendant de la plateforme utilisée.

L'environnement de travail offre plusieurs fonctionnalités assez conviviales qui sont utiles au développement. L'utilisateur les mettra à profit sans difficulté.

Nous utilisons dans le MATLAB la méthode interface graphique (GUI) pour simuler notre système (circuits RLC). Certaines représentation de circuit sont parfois plus pertinente et difficile à réalisé. En effet le GUI peut fournir des résultats graphiques plus précis ou être conceptuellement plus simple. Les représentations sont : la tension de sortie (réponse), gain et phase.

I.1 –Introduction

Les circuits RLC sont utilisés dans la majorité des appareils électroniques surtout ceux de communications. Nous les trouvons sous différentes formes et utilisant diverses technologies dans des circuits linéaires contenant des éléments passifs : une résistance électrique, une bobine (inductance) et un condensateur (capacité).

Les circuits RLC sont généralement montés de deux façons : en série ou parallèle . Le comportement d'un circuit RLC est généralement décrit par une équation différentielle du second ordre (ou par des circuits RL ou RC décrit par des équations différentielles du premier ordre).

A l'aide d'un générateur de signaux, on peut injecter dans le circuit des oscillations et observer dans certains cas une résonance, caractérisée par une augmentation du courant (lorsque le signal d'entrée choisi correspond à la pulsation propre du circuit, calculable à partir de l'équation différentielle qui le régit).

Etude des différents composants des circuits RLC

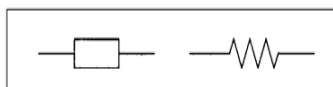
1-2. Les résistances

1-2.1.Définition : suivant le dictionnaire : la résistance est la "qualité d'un corps qui réagit contre l'action d'un autre corps" dans notre cas elle résiste au passage du courant électrique. On parait.

L'unité de mesure de la résistance est l'Ohm, symbolisé par la lettre grecque oméga Ω Un Ohm représente une résistance qui, lorsqu'on lui applique 1 volt, est traversée par un courant de 1 ampère.

Une résistance est généralement désignée par la lettre R

1-2.2. Symboles :

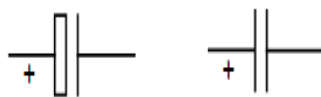


I-3. Les capacités

I-3.1.Définition :

un condensateur est un composant constitué par 2 plaques parallèles, appelées armatures séparés par un milieu isolant de faible épaisseur, exprimé par sa rigidité diélectrique ϵ (epsilon) ou

I-3.2.Symboles :



un condensateur est généralement désigné par la lettre C

I-3.3. Symbole de l'unité : [F] Farad

$$C = (\epsilon_0 \times \epsilon_r \times A) / d \quad (I.1)$$

C : en farad [F] ϵ_0 : permittivité totale (F/m) ϵ_r : permittivité relative du diélectrique.

A = surface des plaques en [m²] **d** = distance entre les plaques en [m]

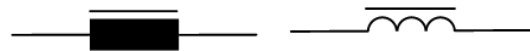
I-4. Inductance :

Lorsqu'on enroule un fil conducteur électrique pour former une spire, le phénomène de Self-induction apparaît. C'est cet effet qui est utilisé dans les bobines, ou inductances, que nous retrouvons dans les circuits oscillants et les filtres.

L'unité d'une inductance est en **Henry** [H].

I-4.1. Symboles d'une inductance :

Remarque : Le trait parallèle à la bobine représente le noyau.



$$L = (N^2 \times \mu_r \times A) / l \quad (I.3)$$

L : inductance en henry [H] **N** : nombre de spires **μ_r** : perméabilité relative du noyau.

A : section du noyau en [m²] **l** : longueur la bobine en [m]

I-4.2. La réactance X_L :

$$X_L = 2\pi f L \quad (I.4)$$

I.5. Impédance

L'impédance **Z** est le quotient de la tension **U** et du courant **I**, dans un montage alimenté en régime sinusoïdal alternatif, en tenant compte de l'angle de déphasage entre les grandeurs **U** et **I**.

$Z = U/I$ Son unité : [Ω] Ohm

I-6. Circuits RLC

Lorsqu'un circuit électrique contenant des résistances, des bobines et des condensateurs sont appelés des circuits **RLC** une fois alimenté par un régime alternatif sinusoïdal, les récepteurs de ces circuits électriques peuvent être représenter un couplage mixte, composé de résistances **R** et/ou de condensateurs **C** et/ou d'inductances **L**.

I-6.1. Utilisation des circuits RLC

Les circuits RLC sont utilisés pour assurer différentes fonctions tels que le filtrage.

I.6.1.1. Introduction au Filtrage

Pour des raisons multiples l'information utile peut être dissimulée au sein d'un signal complexe. Dès lors que le spectre de l'information est suffisamment isolé vis-à-vis des composantes indésirables, il est possible de l'extraire par filtrage.

Le filtrage en fréquence fut historiquement l'une des premières fonctions utilisées en radioélectricité. Aujourd'hui, on trouve des filtres dans de nombreux équipements électroniques.

D'une manière générale, un filtre est un système linéaire dont le rôle est de modifier la composition spectrale d'un signal sans y ajouter de nouvelles composantes. Il permet de renforcer ou d'atténuer une ou plusieurs bandes de fréquences. Dans la plupart des cas, les filtres passifs sont composés d'éléments simples tels que résistances, inductances et condensateurs.

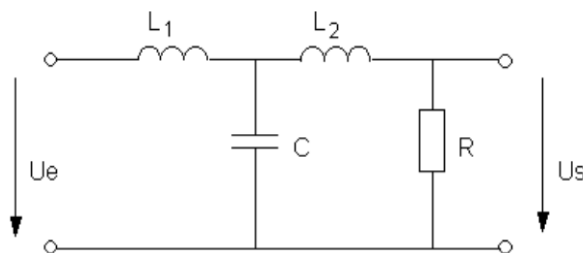
Suivant la disposition et le nombre des éléments qui composent un filtre, nous pouvons obtenir des montages de réponses différentes. Nous allons voir ci-dessous quelques exemples :

I-6.2.Filtres RLC passe-bas

I-6.2.1.Filtre en forme de T

Il améliore la sélectivité et il est appelé filtre en T en raison de la disposition des deux bobines et du condensateur. Il s'agit bien d'un filtre passe-bas, mais dont la pente sera plus importante que pour les filtres du premier ou du deuxième ordre.

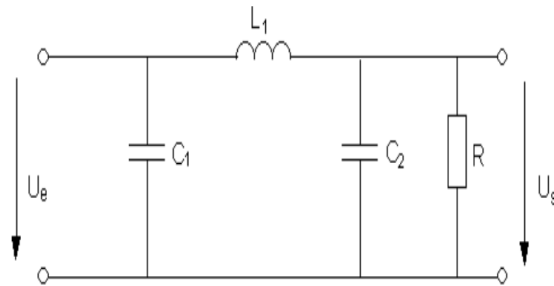
La pente est déterminée par le nombre de réactances qui composent le filtre. Dans un filtre du Deuxième ordre, la pente est de ± 2 , car il est composé de deux réactances. Pour un filtre comme celui de dessous, nous avons trois réactances ce qui donne une pente de -3.



I-1.Figure : filtre passe-bas en T avec deux bobines et un condensateur

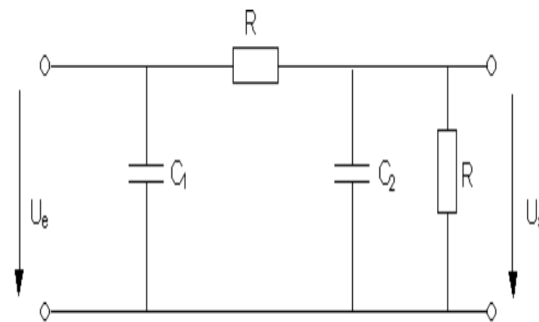
I-6.2.2.Filtre en forme de π

Ici également, nous améliorons la sélectivité du filtre en disposant de deux condensateurs et une bobine. Ces éléments sont placés de telle manière qu'ils ressemblent à la forme de la lettre grecque π , ce qui a donné son nom à ce filtre.



I-2.Figure : filtre passe-bas en π avec bobine

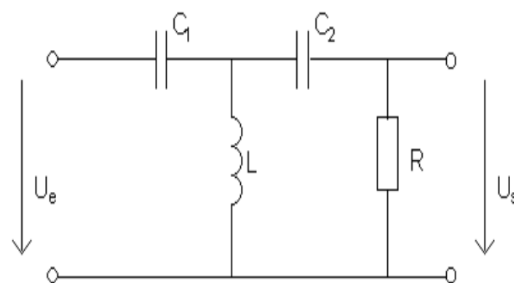
Il est possible de trouver des filtres en π composés d'une résistance à la place de la bobine. Le filtre n'étant composé que de deux réactances, la pente sera moins importante que pour les deux filtres précédents. Un filtre passe-bas RC en pi comme celui-ci aura donc une pente de -2.



filtre passe-bas en π avec résistance

Un filtre passe-bas a donc été installé dans le traitement du signal vidéo pour en limiter la bande passante.

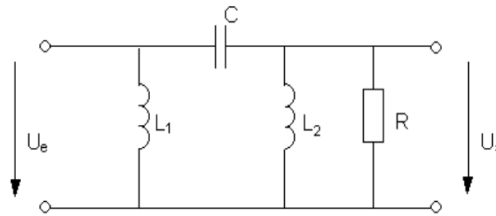
I-6.3.Filtres RLC passe-haut



I-3.Figure : filtre passe- haut en T

Ces filtres se comportent de la même manière que les filtres passe-bas. Bobines et condensateurs sont simplement placés différemment pour obtenir la caractéristique désirée.

Le filtre en forme de T est reconnaissable en raison de la disposition des deux condensateurs et de la bobine en forme de T. Il s'agit d'un filtre passe-haut qui aura la même pente que le filtre passe-bas en T.



I-4.Figure : filtre passe- haut en π

Filtre passe-haut en forme de π . Ici également, nous améliorons la sélectivité du filtre en disposant de deux bobines et un condensateur. Ces éléments sont placés de telle manière qu'ils ressemblent à la forme de la lettre grecque π , ce qui a donné son nom à ce filtre.

I.7. Circuit à courant alternatif avec R ou L ou C seuls :

I.7.1.Résistance On pose : $U_{R1}=V_{R1}$; $U=V$;

A la (figure. I. 6) une onde sinusoïdale en courant alternatif présente une f.é.m. de E volts efficaces. Cette f.é.m. est appliquée entre les bornes d'une résistance de R Ohm (ou d'une conductance de G Siemens). Le courant de circuit est de I ampères efficaces et la d.d.p. entre les bornes de la résistance est de V volts efficaces.

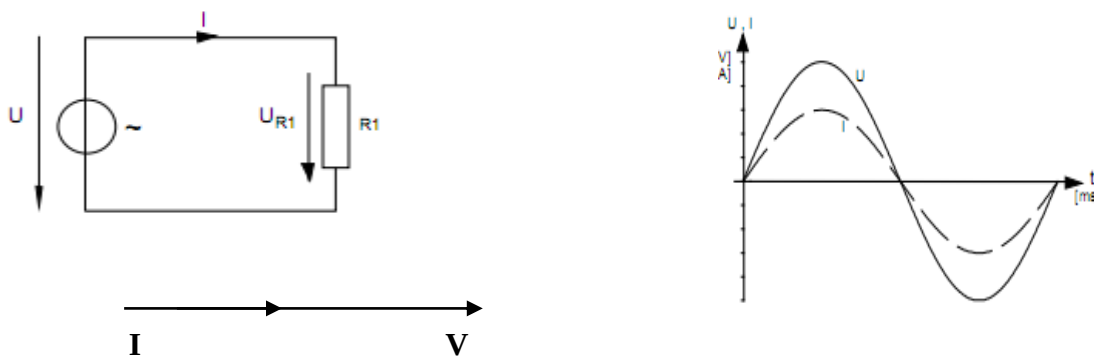


Figure. I -5: Résistance dans un circuit en courant alternatif.

La loi d'Ohm, exprimée en valeurs efficaces, pour un circuit résistif en courant alternatif est la même que pour un circuit en courant continu,

on pose $V_R=U_{R1}$ et $V=U$

$$E = V = IR_1 \quad \text{ou} \quad I = EG = VG \quad (\text{I.5})$$

Les formes d'ondes de courant et de tension pour la durée d'un cycle apparaissent à la (figure. I.6)b un diagramme vectoriel et donné à la (figure. I. 6) c

Les caractéristiques d'un circuit résistif en courant alternatif sont :

1. Le courant et la tension sont en phase ($\Phi=0$).
2. L'impédance est la résistance ($Z= R_1$). (I.6)
3. L'admittance est la conductance ($Y=G=1/ R_1$). (I.7)

$$4. \text{ Le circuit dissipe la puissance moyenne } P = VI = I^2 R_1 = V^2 / R_1 \quad (\text{I.8})$$

I.7. 2. Condensateur

On pose : $U=V$; $U_C=V_C$;

La relation entre tension et courant dans un circuit capacitif est, à tout instant, donnée par l'expression : $I=C \, dv/dt$

on pose : $V_C = V_C$ $V=U$

Pour une tension sinusoïdale, cette expression devient :

$$I= C \, d(V \max \sin \omega t)/dt$$

Le traitement mathématique de cette équation est donné dans le suivant :

$$I= \omega C \, V \max \sin (\omega t + \pi/2) \quad (\text{I.9})$$

En analysant cette équation, nous voyons que :

1. Le courant est une onde de forme sinusoïdale.
2. L'angle de déphasage de circuit est de $\pi/2$ rad (90°). Cette conclusion est tirée de
3. $\sin (\omega t + \pi/2)$. Le signe (+) indique un angle de déphasage en avant ; le courant est en avance sur la tension.
3. La valeur instantanée du courant est proportionnelle à la valeur maximum.
4. Le facteur reliant entre elles les grandeurs du courant et de la tension est ωC .

En remplaçant $\omega t + \pi/2$ par θ , l'équation (I.9) peut s'écrire : $I= \omega C \, V_{\max} \sin \theta$ (I.10)

Ceci peut être réécrit à l'aide des valeurs efficaces, soit : $I= \omega C V$. (I.11)

L'équation (I.10) est la loi d'Ohm du capacitif.

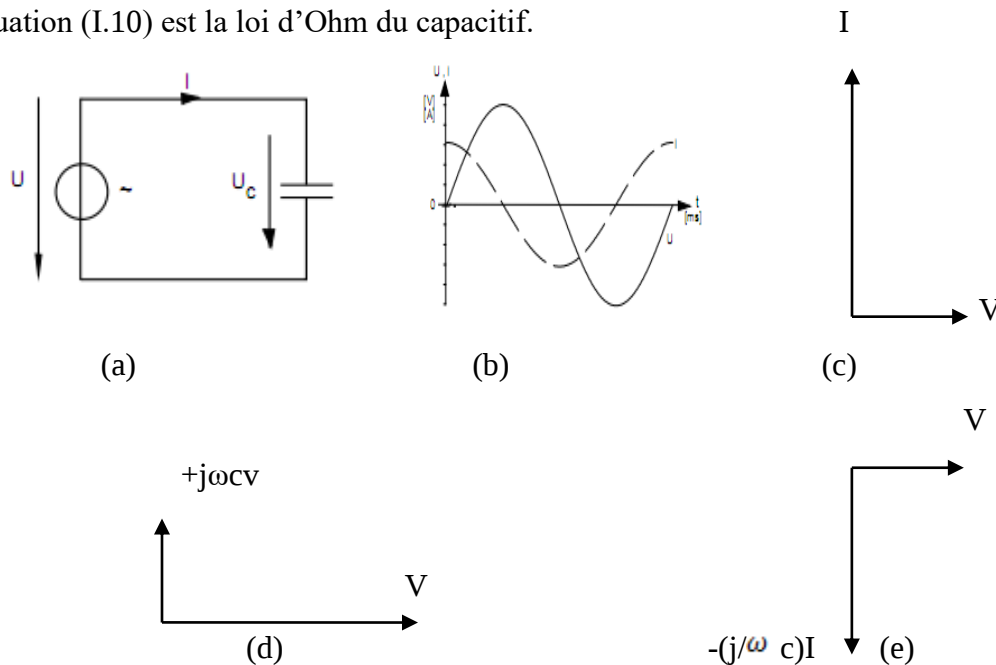


Figure I.6: Condensateur dans un circuit en courant alternatif.

La (figure I.7) c est la même que la (figure I.7) d, sauf que la vecteur de phase du courant est exprime en fonction de la tension, selon l'équation (I.10), La position verticale orientée vers le haut du vecteur du courant et indiquée par +j

Au (figure I.7) e le diagramme vectoriel est tracé avec le courant comme vecteur de phase de référence.

Cette fois-ci le vecteur de phase de la tension de la (figure I.7) e est exprimé la fonction du courant, selon l'équation (I.10). La position vertical orientée vers le pas du vecteur de phase de la tension est indiquée par -j.

A partir de la (figure I.7) e, on peut voir que :

$$I = +j\omega CV \quad \text{ou} \quad I/V = +j\omega C \quad (\text{I.12})$$

Le rapport I/V est l'admittance, l'aptitude que possède un circuit de laisser un courant. Dans un circuit capacitif, l'admittance capacitive est :

$$Y_c = +j\omega C \quad B_c \text{ est le module de } Y_c \quad (\text{I.13})$$

A partir de la (figure I.7) e, on peut voir que :

$$V = -j(1/\omega C) I \quad \text{ou} \quad V/I = -j(1/\omega C)$$

Le rapport V/I est l'impédance, l'aptitude que possède un circuit de résistance le courant, L'impédance d'un circuit capacitif est :

$$Z_c = -j(1/\omega C) \quad X_c \text{ est le module de } Z_c \quad (\text{I.14})$$

Les caractéristiques d'une onde sinusoïdale d'un courant alternatif d'un circuit capacitif peuvent être résumées comme suit :

1. Le courant et la tension sont en quadrature de phase, le courant étant en avance sur la tension
2. L'angle de déphasage du circuit (l'angle de déphasage du courant par rapport à la tension) est de $+90^\circ$ ou $+\pi/2$ rad.
3. L'admittance capacitive est ($Y = +j\omega C$ siemens).
4. L'impédance capacitive est ($Z = -j(1/\omega C)$ ohms).
5. Le circuit ne dissipe aucune puissance moyenne ($P = 0$).

I.7.3. Inductance

On pose : $U = V$; $U_L = V_L$;

Dans un circuit purement inductif, la tension et le courant sont, à tout instant, reliés par L'équation : $V = L(di/dt)$

Si le courant est de forme sinusoïdale, cette équation devient : $v = L \frac{d(I_{\max} \sin \omega t)}{dt}$;

Le traitement mathématique de cette équation nous donne le résultat suivant :

$$v = \omega L I_{\max} \sin(\omega t + \pi/2) \quad (\text{I.15})$$

De cette équation on déduit que :

1. L'angle de déphasage du circuit est de 90° ($\pi/2$ rad). Le signe (+) dans $\sin(\omega t + \pi/2)$ indique que la tension est en avance sur le courant ou que le courant est en retard sur la tension. Par conséquent le circuit a un retard d'angle (-90°).
2. la tension. Par conséquent le circuit a un retard d'angle (-90°).
3. La valeur instantanée de la tension est proportionnelle à la valeur Maximum.
5. Le facteur reliant entre elles les grandeurs de la tension et de courant est ωL . En posant

$\omega t + \pi/2 = \theta$, l'équation (I.15) peut s'écrire comme suite : $V = \omega L I_{\max} \sin \theta$

Ce qui peut se récrire sous la forme des valeurs efficaces comme :

$$|V| = \omega L I \quad (\text{I.16})$$

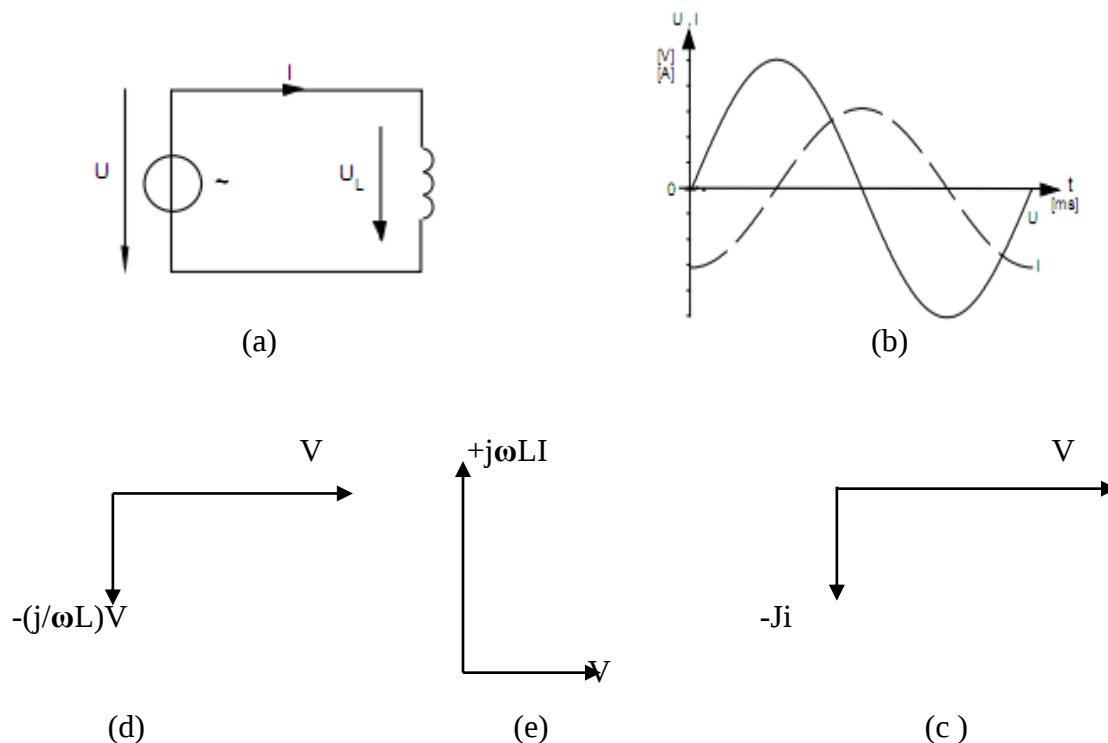


Figure. I.7 : Inductance dans un circuit en courant alternatif.

La (figure I.8) d et la même que la (figure I.8) c, sauf que la vecteur de phase du courant est exprimé en fonction de la tension, selon l'équation (I.16). La position vertical orientée vers le bas de vecteur de phase de courant est indiquée par $-j$.

A la (figure I.8) e, le diagramme vectoriel est tracé avec le courant comme vecteur de phase de référence. Le vecteur de phase de la tension est exprimé en fonction de courant, selon l'équation. (I.6). La position vertical orientée vers le haut du vecteur de phase de la tension est indiquée par +j. De la figure (I.8) d et figure (I.8) e on obtient :

$$I = -j (1/\omega L)V \quad \text{ou} \quad I/V = -j (1/\omega L) \quad (I.17)$$

Le rapport I/V est l'admittance, l'aptitude que possède un circuit de permettre le passage d'un courant. Dans un circuit inductif, l'admittance inductive Y_L , est :

$$Y_L = -j(1/\omega L) \quad (Z_L = j \omega L) \quad (I.18)$$

Le rapport V/I est l'impédance, l'aptitude que présente un circuit de restreindre le courant. La réactance inductive X_L , soit :

$$X_L = \omega L \quad (I.19)$$

Les caractéristiques d'une onde sinusoïdale d'un circuit purement inductif peuvent être résumées comme suit :

1. Le courant et la tension sont en quadrature de phase, le courant étant en retard sur la tension
2. L'angle de déphasage du circuit (l'angle de déphasage du courant par rapport à la tension) est de -90° ou $-\pi/2$ rad.
3. L'admittance est inductive ($Y = -j (1/\omega L)$ Siemens).
4. L'impédance inductive ($Z = +j\omega L$ Ohms).
5. Le circuit ne dissipe aucune puissance moyenne ($P = 0$).

I.8. Circuit à courant alternatif comprenant R et C ou R et L

Avant de détailler le comportement des circuits à courant alternatif contenant résistance et inductance ou condensateur, nous allons au préalable exposer quelques caractéristiques générales des circuits à courant alternatif.

I.8.1. Circuit RC série

On pose : $U = V$; $U_R = V_R$; $U_C = V_C$;

Les caractéristiques fondamentales de tout circuit série en courant alternatif sont:

1. Le courant est le même dans chaque élément.
2. La tension totale du circuit est le vecteur de phase somme des tensions entre les bornes des éléments (loi des tensions de Kirchhoff).

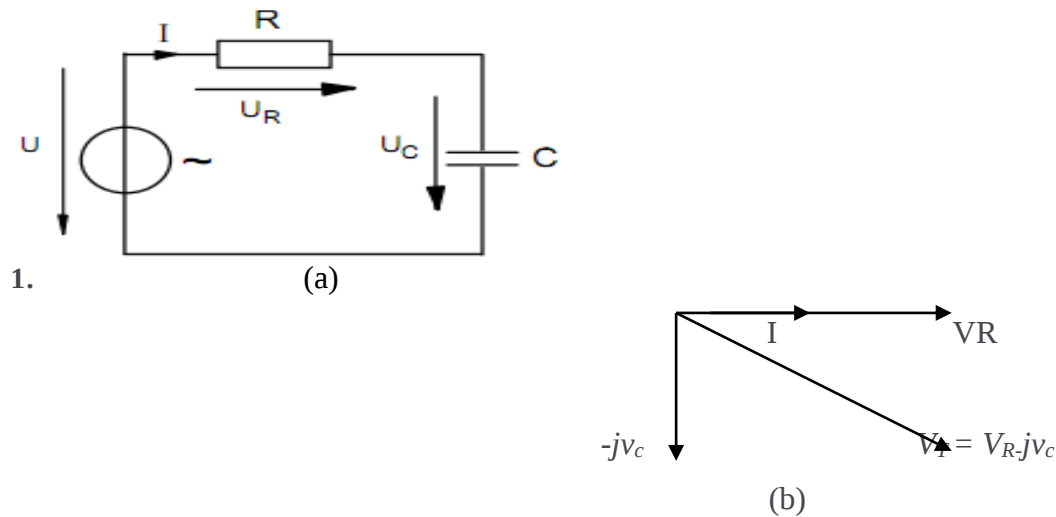


Figure : I. 8. (a) diagramme d'un circuit RC série

a. Tension : Le courant sert de vecteur de phase de référence dans le diagramme des formes d'ondes de la (figure I-9) et dans le diagramme vectoriel de la (figure I-9) b. La tension V_R entre les bornes de la résistance est en phase avec le courant, aussi son expression vectorielle est V_R . La tension V_C entre les bornes du condensateur est en retard sur le courant de 90° ou $\pi/2$ rad, son expression vectorielle est donc $-jV_C$. La tension totale du circuit V_T est le vecteur de phase somme des tensions entre les bornes de la résistance et entre les bornes du condensateur, soit:

$$V_T = V_R + V_C = (V_R + j0) + (0 - jV_C) \quad \text{ou} \quad V_T = V_R - jV_C \quad (\text{I.20})$$

b. Impédance

En appliquant la loi d'Ohm à chaque terme en tension, on peut écrire:

$$Z = Z_R + Z_C$$

En arrangeant chaque terme de cette équation on obtient l'équation d'impédance du circuit RC série, soit:

$$Z = R - jX_C \quad (\text{I.21})$$

c. Puissance

$$V_T I = V_R I - jV_C I \quad (\text{I.22})$$

Dans les circuits en courant alternatif contenant une réactance (X_C ou X_L) le produit de la tension totale par le courant total $V_T I$ est plus grand que la puissance moyenne dissipée par le circuit. La puissance apparente est le voltampère réactif (var). En faisant apparaître les symboles S, P $S = P - jQ$ (I.23)

Puissance apparente: $S = V_T I$ (I. 24)

$$\text{Puissance active: } P = V_T I \cos \Phi \text{ ou } P = |S| \cos \Phi \quad (\text{I.25})$$

$$\text{Puissance réactive: } jQ = jV_T I \sin \Phi \text{ ou } jQ = j|S| \sin \Phi \quad (\text{I.26})$$

d. Facteur de puissance

Un coefficient de qualité des composants ou des systèmes électriques utile est le rapport de la puissance active à la puissance apparente. Le facteur de puissance est le rapport :

$$\cos \Phi = P/|S| \quad (\text{I.27})$$

1.8.2. Circuit RL série

On pose : $U=V$; $U_L=V_L$; $U_R=V_R$;

Les caractéristiques générales du circuit série RL sont d'ailleurs tellement semblables à celles du circuit série RC que le traitement du circuit série RL.

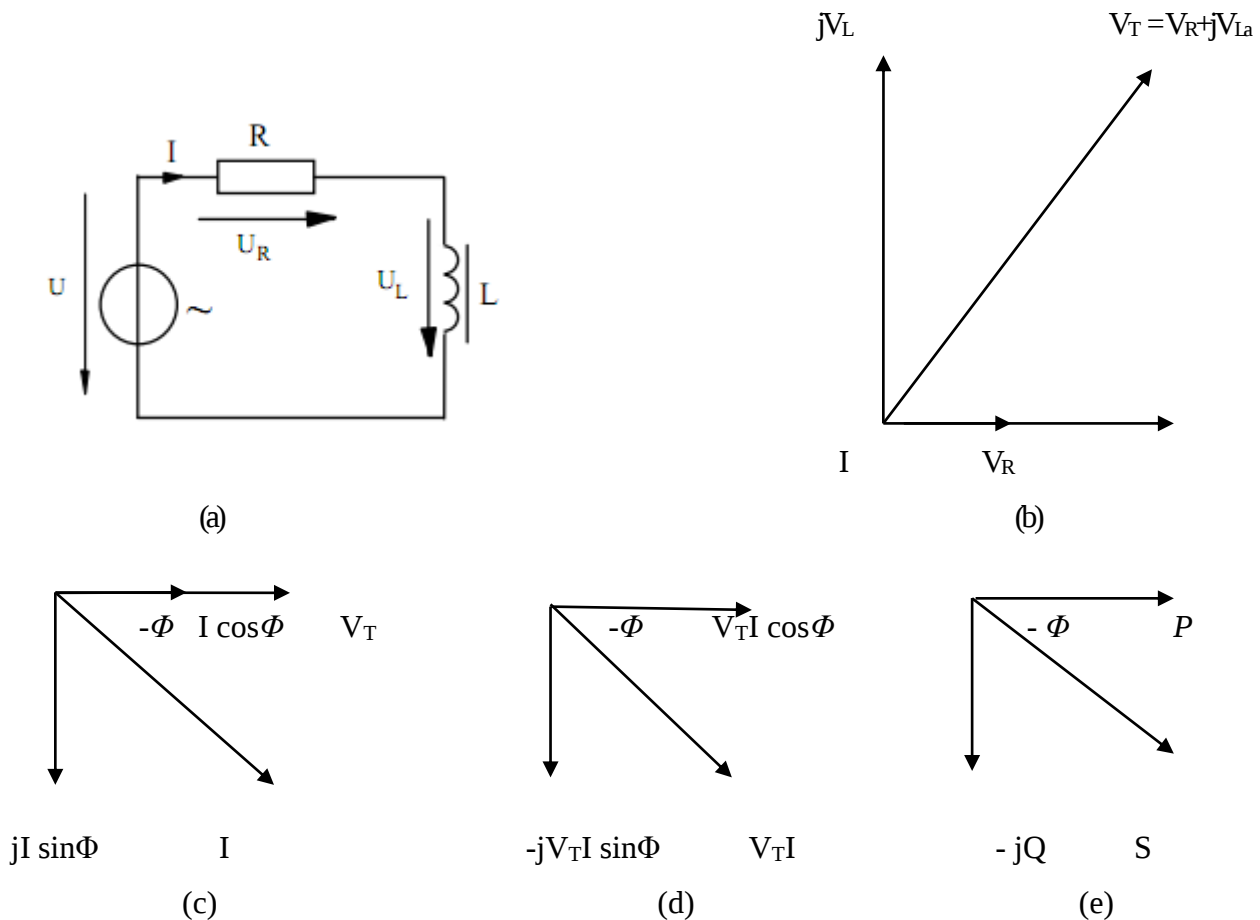


Fig. I.9 (a) Diagrammes du circuit série RL

a- Tension :

La tension V_R entre les bornes de la résistance est en phase avec le courant I du circuit et a donc comme expression vectorielle $V_R + j0$. La tension V_L entre les bornes de l'inductance est en avance sur le courant de 90° , elle a donc comme expression $+jV_L$. La d.d.p. totale V_T entre les

bornes du circuit est égale au vecteur de phase somme des tensions entre les bornes de la résistance et de l'inductance, soit:

$$\begin{aligned} V_T &= V_R + V_L = (V_R + j0) + (0 + jV_L) \\ V_T &= V_R + jV_L \end{aligned} \quad (I-28)$$

b. Impédance

L'application de la loi d'Ohm à chaque tension de l'équation. (I-28) donne:

$$IZ = IR + jIX_L$$

La division de chaque terme de cette équation par le facteur commun I on obtient alors l'équation d'impédance du circuit série RL suivante: $Z = R + jX_L$ (I-29)

c. Puissance

Si chaque tension de l'équation. (I-28) est multipliée par le courant commun I , on obtient alors l'équation des puissances pour le circuit série RL, soit:

$$V_T I = V_R I + jV_L I \quad (I-30)$$

Cette l'équation. (I-30) peut s'écrire en fonction de la puissance apparente, de la puissance active et de la puissance réactive, soit:

$$S = P + jQ$$

La (figure I .10) c montre que le courant I est en retard sur la tension totale V_T d'un angle. Cette (figure I .10) c donne l'angle de déphasage $-\Phi$ qui est ordinairement associé à un circuit inductif. Elle donne aussi les composantes rectangulaires du courant, soit $I \cos$ (résistif) et $-jI \sin \Phi$ (réactif). A partir des figures (I .10) d et e on obtient les équations suivantes pour les puissances du circuit série RL:

$$\text{Puissance apparente:} \quad S = V_T I \quad (I-31)$$

$$\text{Puissance active:} \quad P = V_T I \cos \Phi = |S| \cos \Phi \quad (I-32)$$

$$\text{Puissance réactive:} \quad -jQ = -jV_T I \sin \Phi = -j|S| \sin \Phi \quad (I-33)$$

d. Facteur de puissance et coefficient sur tension :

Le facteur de puissance $\cos \Phi$ de tout circuit est le rapport de la puissance active à la puissance apparente, P/S . La plus grande partie de l'équipement électrique industriel est composée de moteurs électriques, de transformateurs et d'appareils électromagnétiques de commande.

I.8.3. Circuit RL parallèle :

On pose : $U = V$; $U_L = V_L$; $U_R = V_R$;

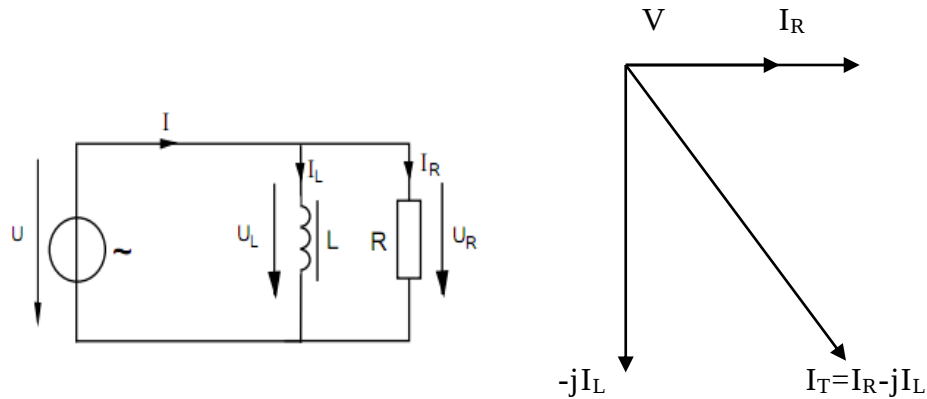


Figure. I .10. Circuit RL parallèle

La somme vectorielle des courants dans la résistance et dans l'inductance est le courant total I_T , soit:

$$I_T = I_R - j I_L$$

$$I_L = (I_R + j 0) + (0 + j I_L)$$

donc : $I_T = I_R - j I_L$ (I-34)

a. Admittance:

En appliquant la loi d'Ohm selon l'admittance ($I = VY$) à chaque terme de l'équation (I-34), on obtient: $VY = VG - jVB_L$

La division de chaque terme de cette équation par le facteur commun V donne l'équation d'admittance du circuit parallèle, soit: $Y = G - jB_L$ (I-35)

b. Puissance :

La multiplication de chaque terme de l'équation (I-34) des courants par la tension commune V donne l'équation des puissances du circuit RL parallèle, soit:

$$VI_T = VI_R - jVI_L$$
 (I-36)

On peut récrire cette l'équation. (I-36) en utilisant les symboles normalisés des puissances en courant alternatif, ce qui donne: $S = P - jQ$ (I-37)

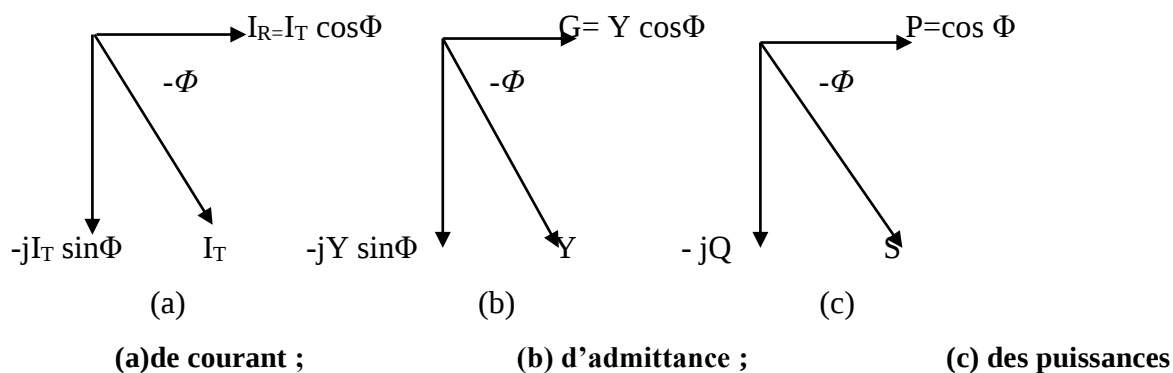


Figure. I .11. Diagrammes du circuit RL parallèle

$$\text{Puissance apparente : } S = VI_T \quad (\text{I-38})$$

$$\text{Puissance active: } P = |S| \cos \Phi = |VI_T| \cos \Phi \quad (\text{I-39})$$

$$\text{Puissance réactive: } -jQ = -j|S| \sin \Phi = -j|VI_T| \sin \Phi \quad (\text{I-40})$$

c. Facteur de puissance :

Le facteur de puissance d'un circuit RL parallèle s'exprime à l'aide des mêmes termes que pour le circuit RC parallèle, soit: $P/S = \cos \Phi$ (I.41)

I.8.4. Circuit RC parallèle

On pose : $U = V$; $U_L = V_L$; $U_R = V_R$; $U_C = V_C$;

Les caractéristiques fondamentales du circuit RC parallèle sont:

1. La tension entre les bornes de chaque élément est la même.
2. Le courant total du circuit est la somme vectorielle des courants dans les éléments individuels

Dans le circuit RC parallèle de la figure (I-12), U la tension de la même dans le circuit.

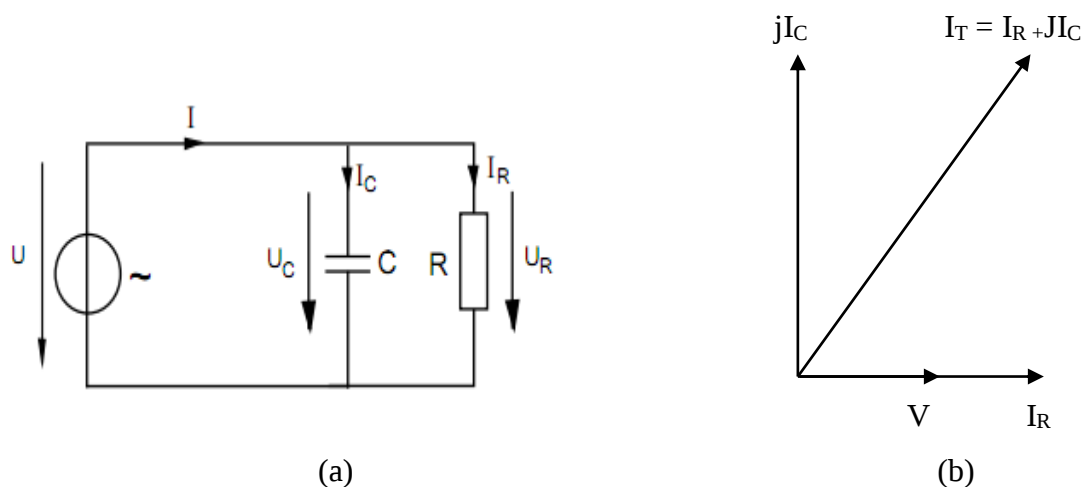


Figure. I .12. Circuit RC parallele

a. Courants

Le courant I_R dans la résistance est en phase avec la tension. Sa valeur vectorielle est $I_R + j0$. Le courant I_C dans le condensateur est en avance de 90° ($\pi/2$ rad) sur la tension. Sa valeur vectorielle est $0 + jI_C$. Le courant total du circuit est la somme vectorielle des courants dans la résistance et dans le condensateur, soit:

$$I_T = I_R + I_C = (I_R + j0) + (0 + jI_C) = I_R + jI_C \quad (\text{I-42})$$

En appliquant la forme selon l'admittance de la loi d'Ohm ($I = VY$) à chaque courant de l'équation ; (I-42), on peut écrire: $VY = VG + jVB$

Si on divise chaque terme de cette équation par le facteur commun V , on obtient l'équation d'admittance suivante pour le circuit parallèle RC: $Y = G + jB_c$

b. Puissance

L'équation des puissances pour le circuit RC parallèle s'obtient en multipliant chaque terme de l'équation des courants (I-42) par la tension commune V , soit:

$$VI_T = VI_R + jVI_C \quad (I-43)$$

À l'équation (I-43) le produit de la tension par le courant total VI_T est la puissance apparente S du circuit. Le produit de la tension par le courant dans la résistance VI_R est la puissance active P dissipée par le circuit. Le produit de la tension par le courant dans le condensateur VI_C est la puissance réactive Q . En introduisant les symboles S , P et Q dans l'éq. (I-43), on obtient:

$$S = P + jQ \quad (I-44)$$

$$\text{Puissance apparente: } S = VI_T \quad (I-45)$$

$$\text{Puissance active: } P = |S| \cos \Phi = VI_T \cos \Phi \quad (I-46)$$

$$\text{Puissance réactive: } jQ = j|S| \sin \Phi = jVI_T \sin \Phi \quad (I-47)$$

C . Facteur de puissance

Le facteur de puissance d'un circuit est $\cos \Phi$, ou le rapport de la puissance active à la puissance apparente. Dans le circuit RC parallèle, le facteur de puissance peut s'exprimer en fonction des côtés des triangles

I.8.5. Circuit RLC série

On pose : $e_g = V$; $U_L = V_L$; $U_R = V_R$; $U_C = V_C$;

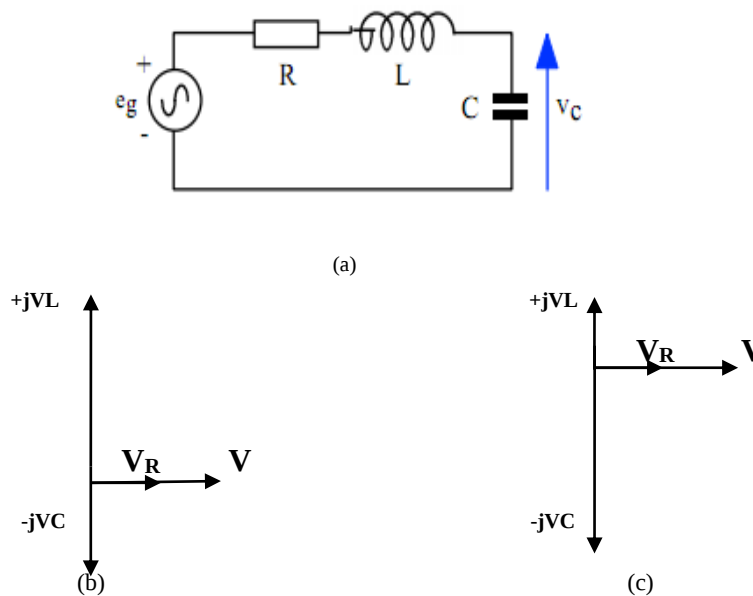


Fig. I.13 : Circuit RLC série

- (a) diagramme schématique. (b) diagramme vectoriel partiel lorsque $V_L > V_C$.
 (c) diagramme vectoriel partiel lorsque $V_L < V_C$.

La figure (I.13)a présente un circuit série comprenant un résistance, un condensateur et une inductance.

Les figures (I.13) b et c illustrent les diagrammes vectoriels partiel pour le circuit série RLC de la figure (I.13)a. Dans chaque diagramme vectoriel le courant commun I apparaît comme vecteur de phase de référence $I+j0$. La d.d.p. V_R entre les bornes de la résistance est en phase avec le courant et a comme valeur vectorielle $V_R +j0$. La d.d.p. entre les bornes de l'inductance est en avance sur le courant de 90° et a donc comme valeur vectorielle $+jV_L$. La tension entre les bornes du condensateur est en retard sur le courant de 90° et a comme valeur vectorielle $-jV_C$.

Comme V_L et V_C sont les deux composantes en quadrature de la tension totale V_T , avec des signes de j opposés, le module de leur somme vectorielle est la différence algébrique entre elles. Cette somme vectorielle de la tension réactive individuelle peut être appelée la tension réactive nette V_X .

$$V_X = (+jV_L) + (-jV_C)$$

$$V_X = jV_L - jV_C \quad \text{ou} \quad j(V_L - V_C) \quad (\text{I.48})$$

I.8.6. Circuit RLC parallèle

On pose : $U = V$; $U_L = V_L$; $U_R = V_R$; $U_C = V_C$;

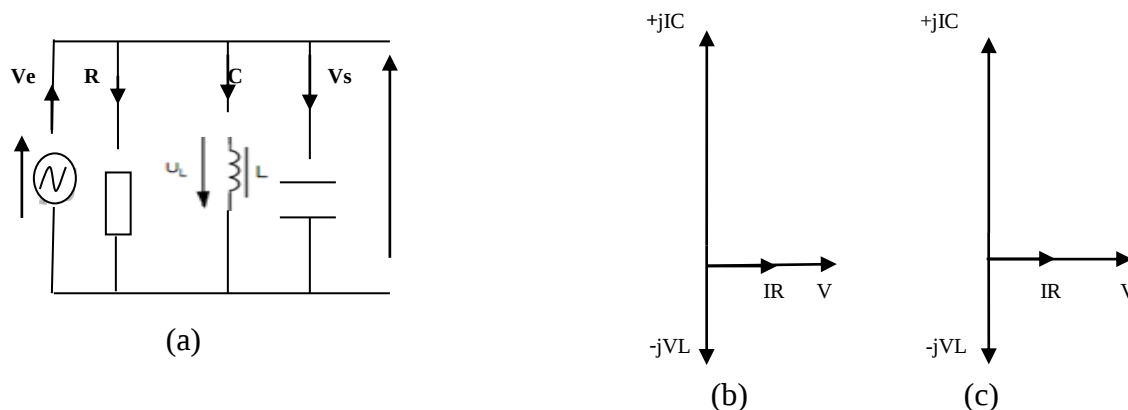


Figure : I.14. Circuit RLC

- (a) diagramme schématique.
 (b) Diagramme vectoriel partiel lorsque $I_C > I_L$.
 (c) Diagramme vectoriel partiel lorsque $I_C < I_L$.

La figure (I.14)a est un diagramme schématique de circuit RLC parallèle. Les diagrammes vectoriels partiels du circuit RLC parallèle de la figure (I.14)a sont donnés au figure (I.14)b et (I.14)c.

Dans chacun de ces diagrammes vectoriels la tension commun V est prise comme vecteur de phase de référence, $V+j0$. Le courant I_R circulant dans la résistance est en phase avec la tension et a comme valeur $I_R +j0$. Le courant I_C dans le condensateur est en avance sur la tension de 90° et a comme valeur $0+jI_C$. Le courant I_L dans l'inductance est en retard sur la tension de 90° et a comme valeur $0-jI_L$. Les courants réactifs dans le condensateur I_C et dans l'inductance I_L , ont des signes de j contraires, de sorte que I_X , le courant réactif net est numériquement égale à leur différence, soit :

$$I_X = jI_C - jI_L \quad \text{ou} \quad j(I_C - I_L) \quad (I.49)$$

$$\cos\Phi = \frac{P}{|S|} = \frac{|I_R|}{|I_T|} \quad (I.50)$$

Conclusion du chapitre :

Dans ce chapitre nous avons couvert une étude générale sur les circuits RLC en commençant par les définir et en passant par l'étude des différents cas d'utilisation ainsi nous espérons avoir abouti à une bonne compréhension de ce type de circuits.

II. régime fréquentielle :

fonction de transfert de réseaux

II.1. Introduction

On peut généraliser la notion d'impédance Z et d'admittance Y (comme rapport de deux phaseurs) grâce à la notion de "fonction de transfert de réseaux."

La fonction de transfert d'un réseau, c'est le rapport entre le phaseur d'excitation d'entrée sur le phaseur de réponse (sortie), on l'exprime généralement par la lettre $H(p)$:

$$H(p) = \frac{\text{variable de SORTIE (courant ou tension)}}{\text{variable D'ENTREE (courant ou tension)}}$$

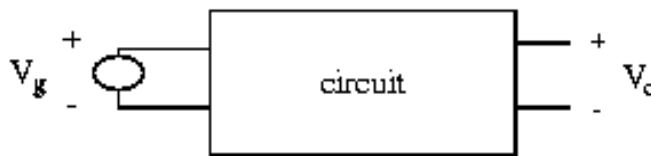


Figure II.1. Circuit.

$$H(p) = V_o(p)/V_g(p) \quad (\text{II.1})$$

où " p " est la fréquence complexe, pour des signaux sinusoïdaux d'amplitude constante non-amortie ;

$$p = j\omega \quad \text{ou} \quad \omega = 2\pi f$$

$H(j\omega)$ est généralement une fonction complexe avec partie réelle et imaginaire: Forme cartésienne

$$H(j\omega) = A + jB \quad (\text{II.2})$$

forme polaire $H(j\omega) = |H(j\omega)|e^{j\varphi(\omega)}$ (II.3)

Où: $|H(j\omega)| = \sqrt{A^2 + B^2}$ (II.4)

Et : $\varphi(\omega) = \text{tg}^{-1} \left[\frac{B}{A} \right]$ (II.5)

II.2. Circuit RC série passe bas 1^{er} ordre

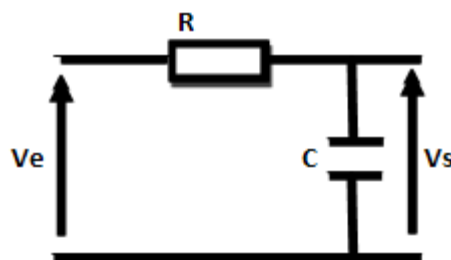


Figure II.2. Circuit RC série 1^{er} ordre

II.2.1. Calcul d'impédance totale du circuit

$$Z_R=R ; \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} \quad Z_R=R ; \quad Z_C = \frac{1}{CP}$$

$$Z_T = Z_R + Z_C = R + \frac{1}{j\omega C}$$

II.2.2. fonction transfert du circuit

$$\text{sur :} \quad V_e = I. \left[R + \frac{1}{jC\omega} \right] \quad V_s = I. \left[\frac{1}{jC\omega} \right]$$

$$H(j\omega) = \frac{1}{1+jRC\omega} \quad (\text{II.6})$$

On pose $p = j\omega$

$$H(p) = \frac{V_s(p)}{V_e(p)} = \frac{1}{1+RCP} \quad (\text{II.7})$$

II.2.3. module de fonction de transfert

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1+(RC\omega)^2}} \quad (\text{II.8})$$

II.2.4. La phase de fonction de transfert

$$\varphi = \arg\{H(j\omega)\} = 0 - \arctan(RC\omega) \quad (\text{II.9})$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 0 \quad |H(j\omega)| = 1$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow \infty \quad |H(j\omega)| = 0$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 1/RC \quad |H(j\omega)| = 1/\sqrt{2} = 0.707$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 0 \quad \varphi = -\arctan(0) = 0$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 1/RC \quad \varphi = -\arctan(1) = -45$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow -1/RC \quad \varphi = -\arctan(-1) = 45$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow \infty \quad \varphi = -\pi/2$$

Pour $RC=1s$

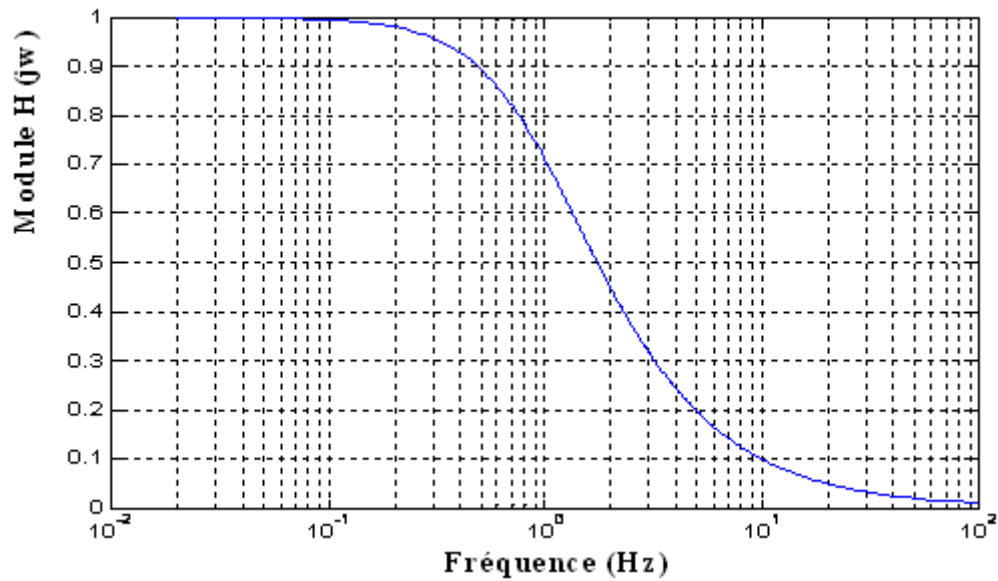


Figure II.3. Module de la fonction de transfert du circuit RC série 1^{er} ordre

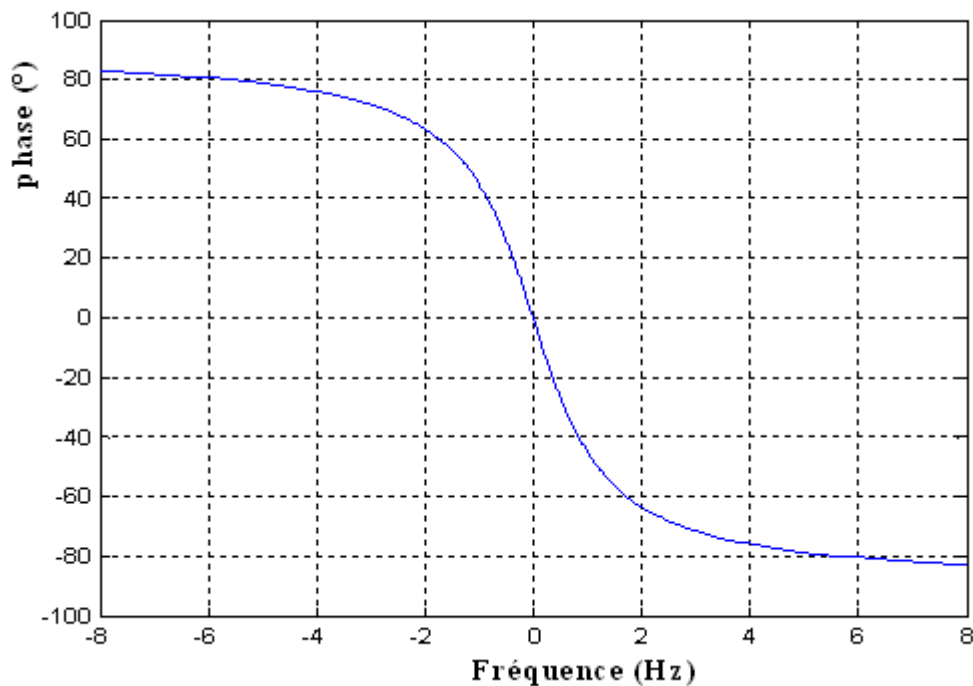


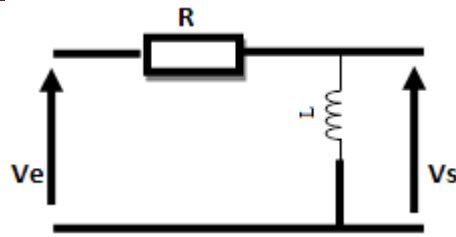
Figure II.4. Phase de la fonction de transfert du circuit RC série 1^{er} ordre

Interprétation

On remarque dans le graphe de la (figure II.3) le module est toujours inférieur à 1 et la fréquence est inversement proportionnelle au module.

Mais dans le graphe de la phase de la figure II.4, l'angle est compris entre $-\pi/2 < \varphi < \pi/2$ quelque soit la valeur de ω .

II.3. Circuit RL série de passe haut 1^{er} ordre :

Figure II.5. Circuit RL série 1^{er} ordre

II.3.1. Calcul l'impédance du circuit

$$Z_R = R ; \quad Z_L = jL\omega \quad Z_R = R ; \quad Z_L = Lp$$

$$Z_T = Z_R + Z_L = R + jL\omega$$

II.3.2. Calcul fonction transfert du circuit

$$v_e = I \cdot (R + L\omega j) \quad v_s = I \cdot jL\omega$$

$$H(j\omega) = \frac{V_s(j\omega)}{V_e(j\omega)} = \frac{jL\omega}{R + jL\omega} \quad \text{On pose} \quad p = j\omega$$

$$H(p) = \frac{V_s(p)}{V_e(p)} = \frac{LP}{R + LP} \quad (\text{II.10})$$

II.3.3. Module de fonction transfert

$$|H(j\omega)| = \frac{L\omega}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} \quad (\text{II.11})$$

II.3.4. Phase de fonction de transfert

$$\varphi = \arg\{H(j\omega)\} = \pi/2 - \arctan\left(\frac{L\omega}{R}\right) \quad (\text{II.12})$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 0$$

$$|H(j\omega)| \approx 0$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow R/L$$

$$|H(j\omega)| = 1/\sqrt{2} = 0.707$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow \infty$$

$$|H(j\omega)| \approx 1$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 0$$

$$\varphi = \pi/2$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow R/L$$

$$\varphi = \pi/2 - \arctan(1) = 45^\circ$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow \infty$$

$$\varphi = \pi/2 - \arctan(\infty) = 0$$

pour $R=1\Omega$, $L=1H$

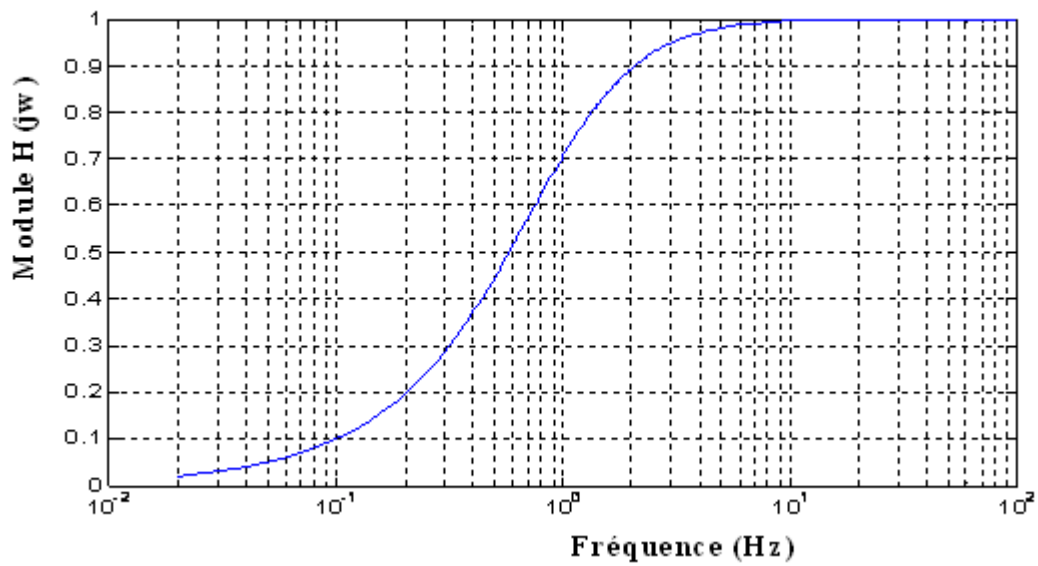


Figure II.6. Module de la fonction de transfert circuit RL série 1^{er}ordre

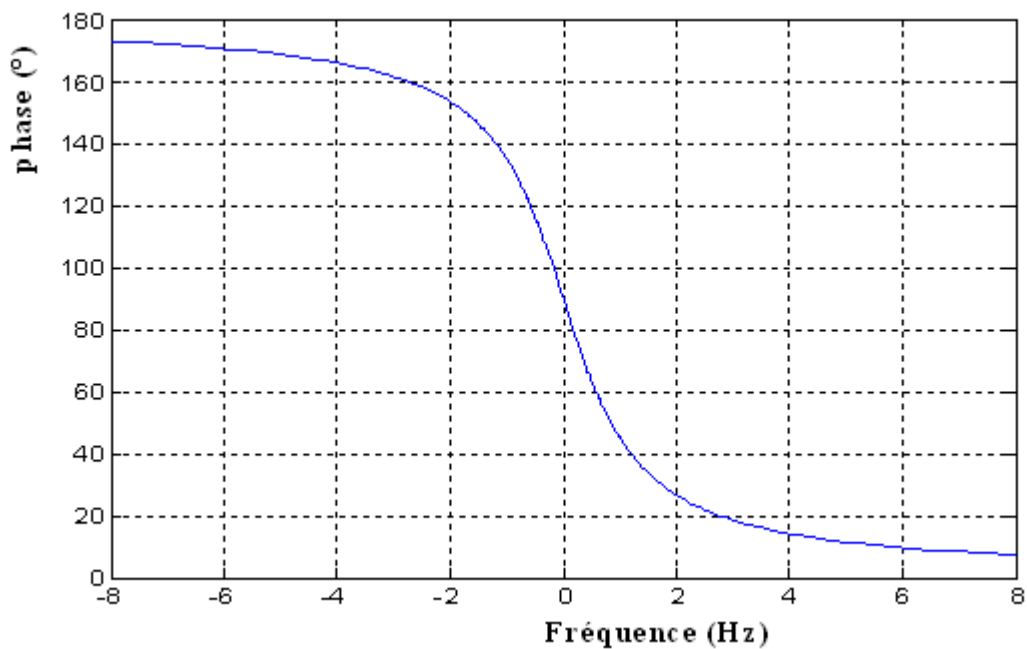


Figure II.7. Phase de la fonction de transfert circuit RL série 1^{er}ordre

Interprétation

On remarque que dans le graphe de la figure II.6 le module est toujours inférieur à 1. La fréquence est proportionnelle au module.

Tandis que dans le graphe de phase de la figure II.7, l'angle est compris entre $0 < \varphi < \pi$ quelque soit la valeur de ω .

II.4. Circuit RL parallèle de premier ordre

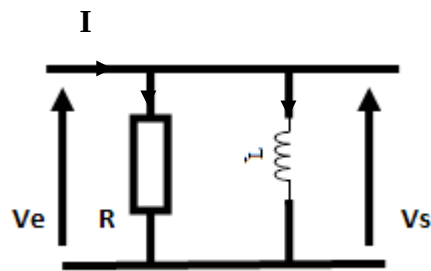


Figure II.8. Circuit RL parallèle 1^{er} ordre

II.4.1. Fonction transfert

$$Z_R = R ; \quad Z_L = jL\omega \quad Z_R = R ; \quad Z_L = LP$$

On utilisant division de courant : $I_L(p) = I(p) \frac{R}{R+LP}$

$$H(p) = I_L(p)/I(p) = R/(R+LP) \quad (II.13)$$

On pose $p = j\omega$

$$H(j\omega) = I_L(p)/I(p) = R/(R+j\omega L) \quad (II.14)$$

$$\omega_0 = R/L$$

II.4.2. Module de fonction transfert

$$|H(j\omega)| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} \quad (II.15)$$

II.4.3. La phase de fonction transfert

$$\varphi = \arg\{H(j\omega)\} = -\arctan\left(\frac{L\omega}{R}\right) \quad (II.16)$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 0$$

$$|H(j\omega)| = 1$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow R/L$$

$$|H(j\omega)| = 1/\sqrt{2} = 0.707$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow \infty$$

$$|H(j\omega)| = 0$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 0$$

$$\varphi = 0$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow R/L$$

$$\varphi = \pi/4$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow \infty$$

$$\varphi = -\pi/2$$

pour $R=1 \Omega$, $L=1 H$

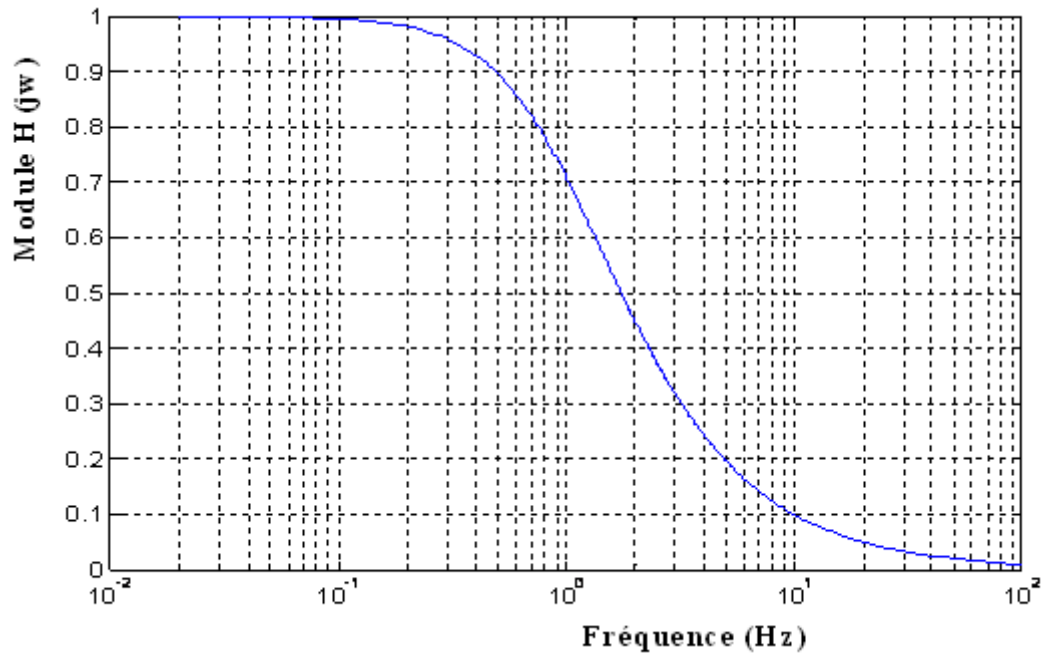


Figure II.9. Module de la fonction de transfert du circuit RL parallèle 1^{er}ordre

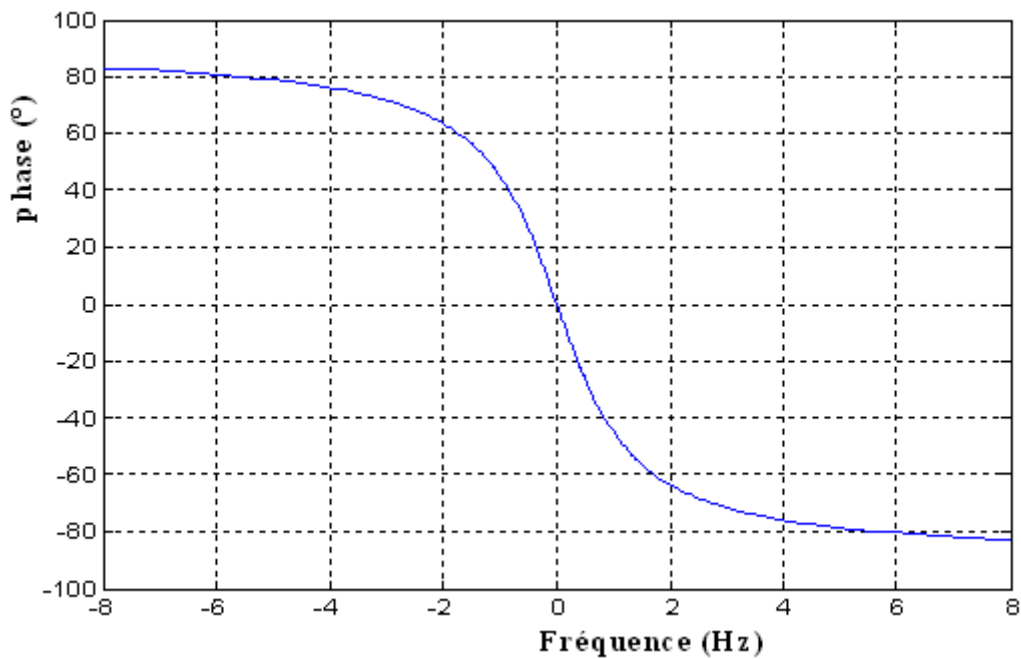


Figure II.10. Phase de la fonction de transfert du circuit RL parallèle 1^{er}ordre

Interprétation

On remarque dans le graphe de la figure II.9 que le module est toujours inférieur à 1 et que la fréquence est inversement proportionnelle au module.

Mais dans le graphe de la phase figure II.10, l'angle est compris entre $-\pi/2 < \varphi < \pi/2$ quelque soit la valeur de ω .

II.5. Circuit RC parallèle du premier ordre

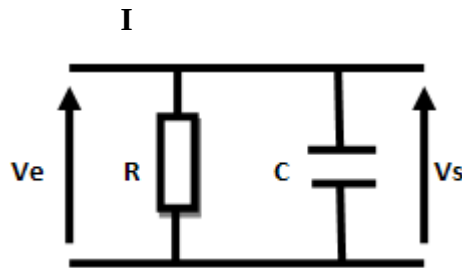


Figure II.11. Circuit RC parallèle 1^{er} ordre

II.5.1. Fonction transfert

$$Z_R = R ; \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} ;$$

$$Z_R = R ; \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} ;$$

On utilise le diviseur de courant

$$I_C = I \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} \quad H(p) = \frac{I_C(p)}{I(p)} = \frac{R p}{R p + 1} \quad (\text{II.17})$$

On pose $p = j\omega$

$$H(j\omega) = \frac{I_C(j\omega)}{I(j\omega)} = \frac{R j\omega}{R j\omega + 1} \quad (\text{II.18})$$

II.5.2. Calcul du module de la fonction de transfert

$$|H(j\omega)| = \frac{R\omega}{\sqrt{1 + (R\omega)^2}} \quad (\text{II.19})$$

$$\omega_0 = 1/RC$$

II.5.3. Phase de fonction de transfert

$$\varphi = \arg \{H(j\omega)\} = \pi/2 - \arctan(RC\omega) \quad (\text{II.20})$$

Si $\omega \rightarrow 0$	$ H(j\omega) = 0$
Si $\omega \rightarrow 1/RC$	$ H(j\omega) = 1/\sqrt{2} = 0.707$
Si $\omega \rightarrow \infty$	$ H(j\omega) = 1$
Si $\omega \rightarrow 0$	$\varphi = 0^\circ$
Si $\omega \rightarrow 1/RC$	$\varphi = -45^\circ$
Si $\omega \rightarrow \infty$	$\varphi = -90^\circ$

Pour $R=1\Omega$; $C=1F$

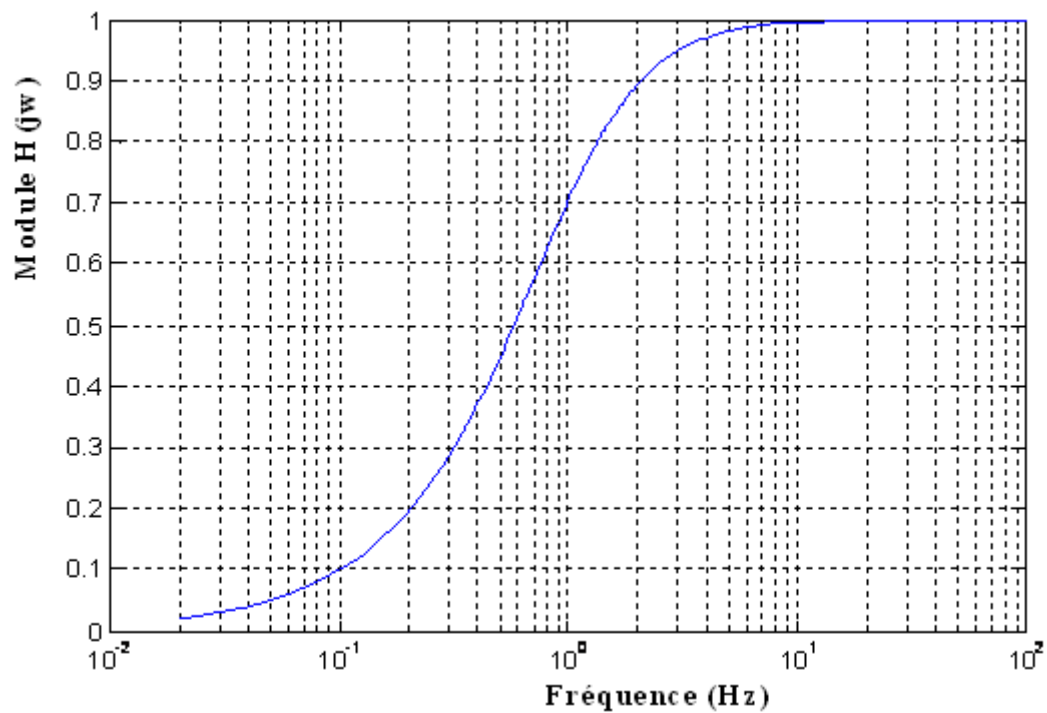


Figure II.12. Module de la fonction de transfert du circuit RC parallèle 1^{er}ordre

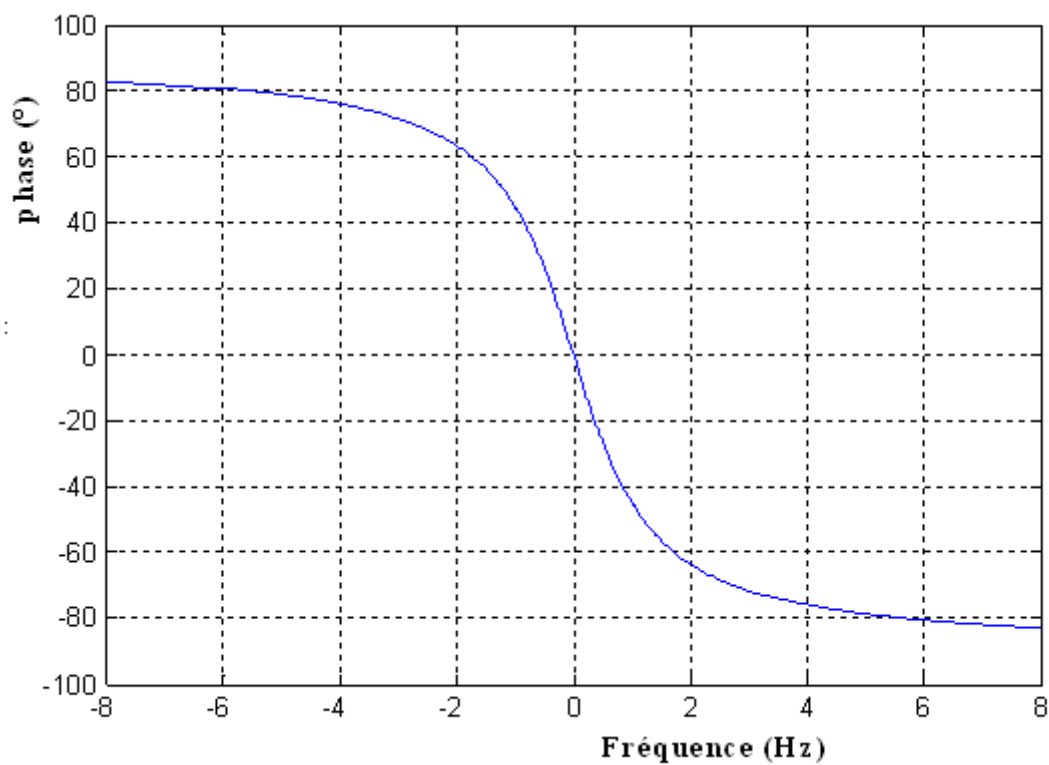


Figure II.13. Phase de la fonction de transfert du circuit RC parallèle 1^{er}ordre

Interprétation

On remarque dans le graphe de la figure II.2 que le module est toujours inférieur à 1 et que la fréquence est proportionnelle au module.

Mais dans le graphe de la phase figure II.13, l'angle est compris entre $-\pi/2 < \varphi < \pi/2$ quelque soit la valeur de ω .

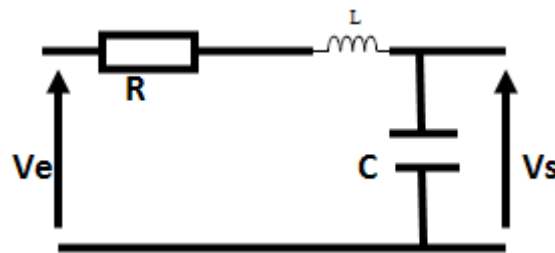
II.6. Circuit RLC série passe bas du deuxième ordre

Figure II.14. Circuit RLC série la sortie aux borne du condensateur passe bas 2^{em}ordre

II.6.1. Calcul de l'impédance totale du circuit :

$$Z_R = R ; \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} \quad Z_L = jL\omega \quad Z_R = R ; \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} ; \quad Z_L = jL\omega$$

$$Z_R = R ; \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} \quad Z_L = jL\omega$$

$$Z_T = Z_R + Z_C + Z_L = R + \frac{1}{j\omega C} + jL\omega$$

II.6.2. Calcul la fonction de transfert :

$$\text{Sur ;} \quad V_e = I \left(jL\omega + R + \left[-\frac{1}{j\omega C} \right] \right)$$

$$\text{Soit ;} \quad V_e = I \left(jL\omega + R - \frac{j}{C\omega} \right) = I \left(jL\omega + R - \frac{j}{C\omega} \right)$$

$$\text{Sur a :} \quad V_s = I \left(\frac{-j}{C\omega} \right)$$

$$\text{On pose :} \quad p = j\omega$$

$$\text{Sur a :} \quad V_e(p) = I \left(Lp + R + \frac{1}{CP} \right)$$

$$\text{et :} \quad \frac{V_s(p)}{V_e(p)} = I \cdot \frac{\frac{1}{CP}}{I \left(Lp + R + \frac{1}{CP} \right)}$$

$$H(p) = \frac{V_s(p)}{V_e(p)} = \left[\frac{\frac{1}{CP}}{\frac{RCP + LCp^2 + 1}{CP}} \right] \text{ soit :}$$

$$H(p) = \left[\frac{I}{(LCp^2 + RCp + 1)} \right]$$

(II.21)

$$\text{Sur a : } H(j\omega) = \left[\frac{1}{(LCj^2\omega^2 + RCj\omega + 1)} \right]$$

$$H(j\omega) = \left[\frac{I}{(1 - LC\omega^2 + RCj\omega)} \right]$$

$$H(j\omega) = \left[\frac{I}{(1 - LC\omega^2 + RCj\omega)} \right] \quad (\text{II.22})$$

$$1 - LC\omega^2 \Rightarrow \omega_0 = 1/\sqrt{LC}$$

II.6.3. Module de fonction de transfert :

$$|H(j\omega)| = \frac{I}{\sqrt{((1 - LC\omega^2)^2 + (RC\omega)^2)}} \quad (\text{II.23})$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 0 \quad |H(j\omega)| = 1$$

$$\text{Si } \omega = 1/\sqrt{LC} \quad |H(j\omega)| = L/R^2C$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow \infty \quad |H(j\omega)| = 0$$

II.6.4. Phase de la fonction de transfert :

$$\varphi = \arg\{H(j\omega)\} = \arctan(0) - \arctan \frac{RC\omega}{(1 - LC\omega^2)}$$

$$\varphi = -\arctan \frac{RC\omega}{(1 - LC\omega^2)} \quad (\text{II.24})$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 0 \quad \varphi = 0$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 1/\sqrt{LC} \quad \varphi = -\pi/2$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow \infty \quad \varphi = 0$$

$$\text{pour } R=1000\Omega \quad L=0.0001F \quad C=0.0001F$$

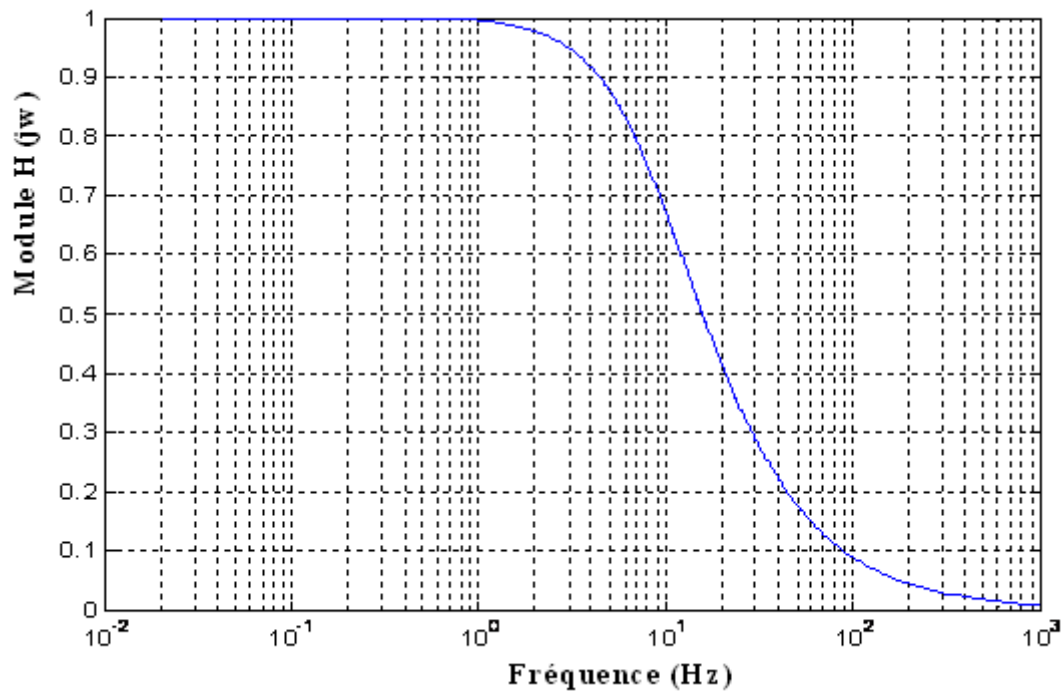


Figure II.15. Module de la fonction de transfert du circuit RLC 2nd ordre

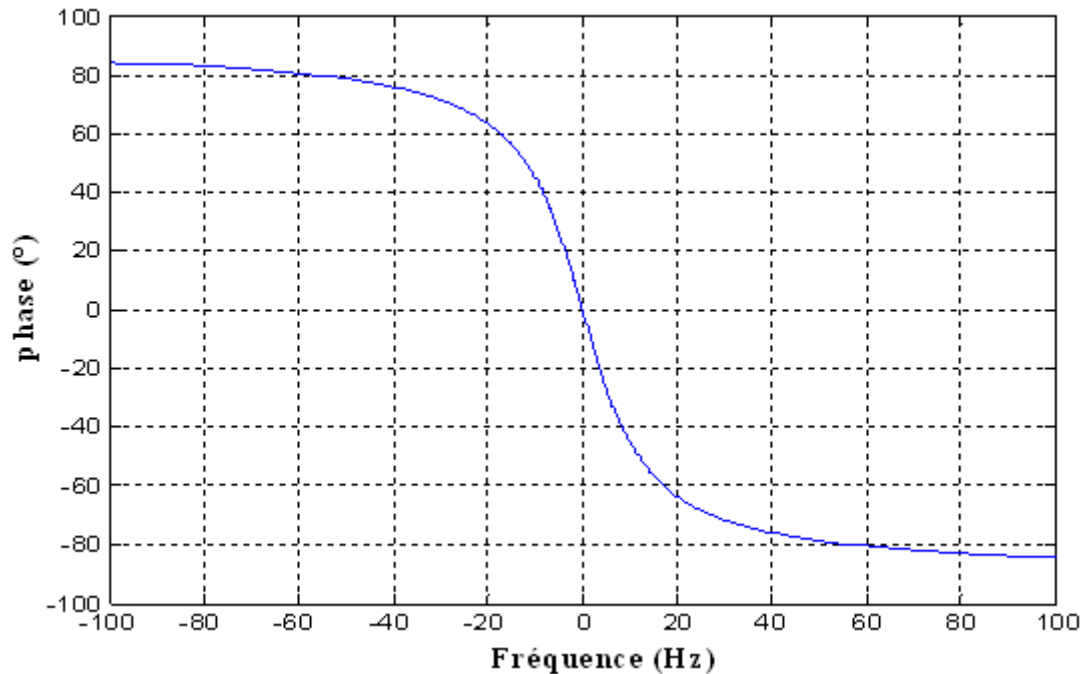


Figure II.16. Phase de la fonction de transfert du circuit RLC 2nd ordre

Interprétation

On remarque dans le graphe de la figure II.15 que le module est toujours inférieur à 1 et que la fréquence est inversement proportionnelle au module.

Mais dans le graphe de la phase figure II.16, l'angle est compris entre $-\pi/2 < \varphi < \pi/2$ quelque soit la valeur de ω .

II.7. Circuit passe haut RLC du 2^{em} ordre

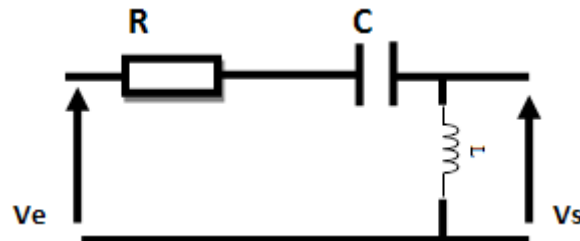


Figure II.17. Circuit RLC série la sortie aux borne de la bobine passe haut 2^{em} ordre

II.7.1. Calcul de la fonction de transfert :

$$Z_R=R; \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} \quad Z_L = jL\omega \quad Z_R=R; \quad Z_C = \frac{1}{CP}; \quad Z_L = LP$$

$$\text{On a : } V_e=I\left[jL\omega + R - \frac{1}{\omega C}\right] \quad V_s= I jL\omega \quad \text{et} \quad I = \frac{V_s}{jL\omega}$$

$$H(j\omega) = \frac{jL\omega}{jL\omega + R - \frac{1}{\omega C}} = \frac{jL\omega}{j(L\omega - \frac{1}{\omega C}) + R} \quad (\text{II.25})$$

$$\text{On pose } p = j\omega$$

$$\frac{V_s(p)}{V_e(p)} = \frac{LCP^2}{(LCP^2 + RCP + 1)} = \frac{p^2}{\left(p^2 + \frac{R}{L}p + 1/LC\right)} \quad (\text{II.26})$$

$$I \text{ maximum quand } L\omega_0 = \frac{j}{C\omega_0} \quad \text{dans ce cas : } \omega_0 = 1/\sqrt{LC}$$

II.7.2. Module de la fonction de transfert :

$$|H(j\omega)| = \frac{LC\omega^2}{\sqrt{(LC\omega^2 - 1)^2 + (RC\omega)^2}} \quad (\text{II.27})$$

II.7.3. Phase de la fonction de transfert :

$$\varphi = \arg\{H(j\omega)\} = -\arctan \frac{RC\omega}{LC\omega^2 - 1} \quad (\text{II.28})$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 0$$

$$|H(j\omega)| = 0$$

$$\text{Si } \omega = 1/\sqrt{LC}$$

$$|H(j\omega)| = L/R^2C$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow \infty$$

$$|H(j\omega)| = \infty$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 0$$

$$\varphi = 0$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow 1/\sqrt{LC}$$

$$\varphi = -\pi/2$$

$$\text{Si } \omega \rightarrow \infty$$

$$\varphi = -\pi/2$$

Pour $R=1000$ $L=0.001$ $C=0.0001$

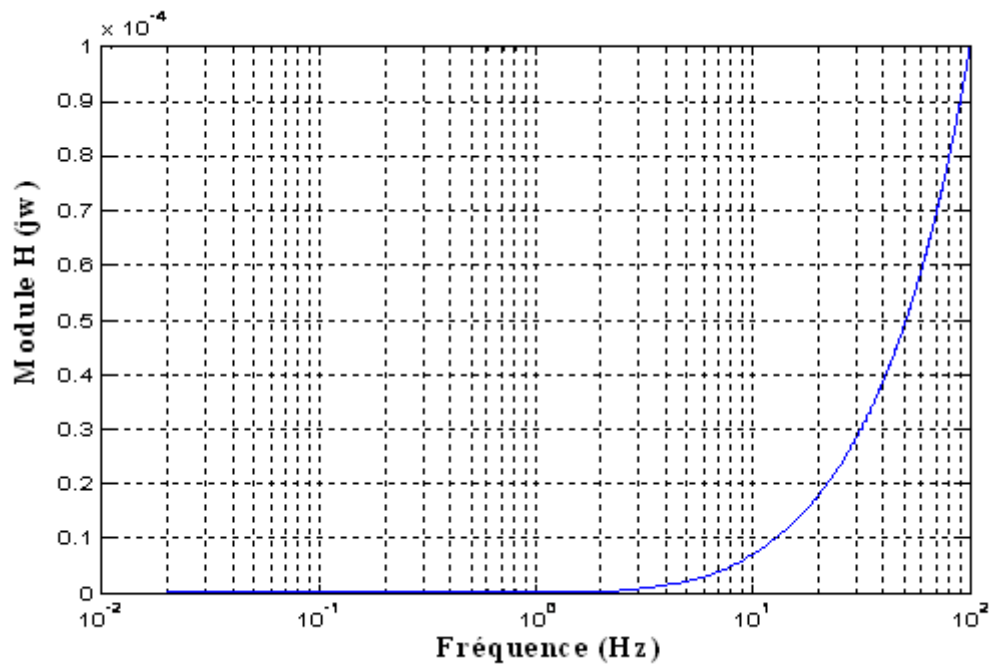


Figure II.18. Module de la fonction de transfert du circuit RLC Passe-haut 2nd ordre

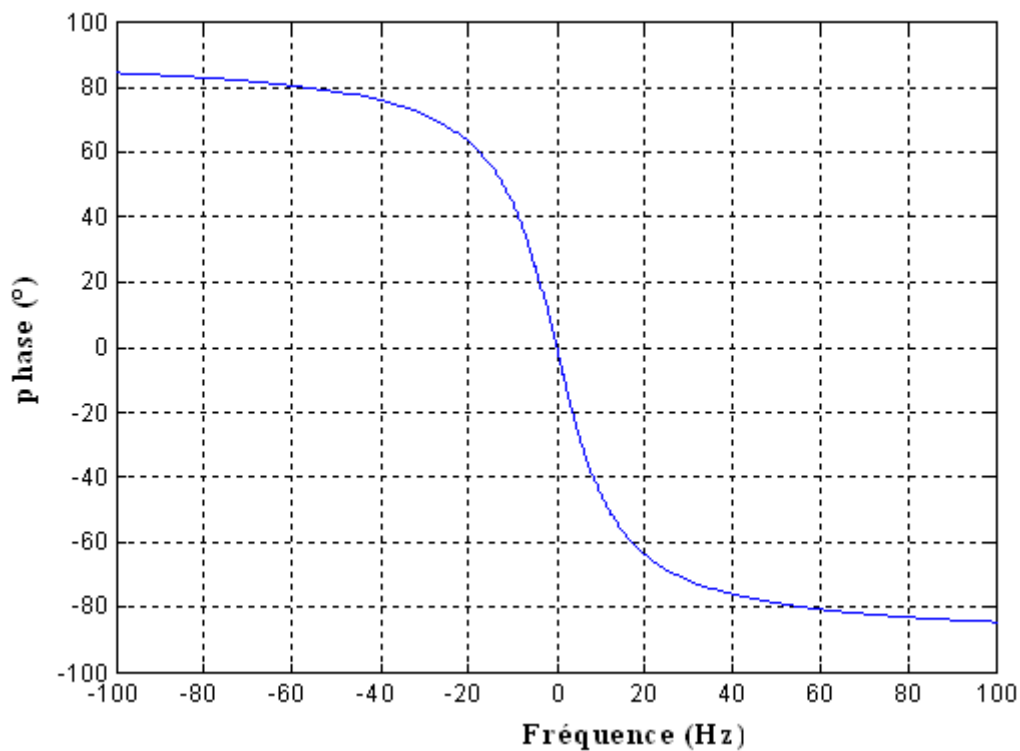


Figure II.19. Phase de la fonction de transfert du circuit RLC Passe-haut 2^{em} ordre

Interprétation :

On remarque dans le graphe de la figure II.18 que le module est toujours inférieur à 1 et que la fréquence proportionnelle au module.

Mais dans le graphe de la phase figure II.19, l'angle est compris entre $-\pi/2 < \varphi < \pi/2$ quelque soit la valeur de ω .

II.8. Circuit passe-bande RLC du 2^e ordre :

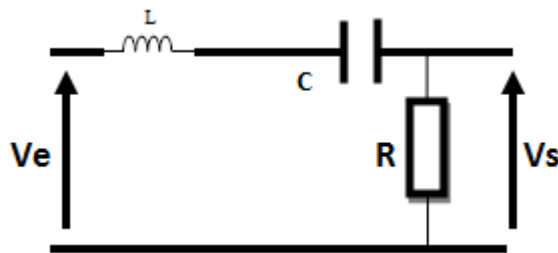


Figure II.20. Circuit RLC série la sortie aux borne de la résistance passe bande 2^{em} ordre

II.8.1. Calcul de la fonction de transfert :

$$Z_R = R ; \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} \quad Z_L = jL\omega$$

$$Z_R = R ; \quad Z_C = \frac{1}{CP} ; \quad Z_L = LP$$

On a : $V_e = I(jL\omega + R + \frac{j}{C\omega})$

et : $V_s = R.I$

$$I = \frac{V_s}{R}$$

d'où : $V_e = \frac{V_s}{R} (jL\omega + R + \frac{j}{C\omega})$

On a : $p = j\omega$

$$V_e = \frac{V_s}{R} \left(LP + R + \frac{1}{CP} \right)$$

soit : $\frac{V_s(p)}{V_e(p)} = \frac{RCP}{(LCP^2 + RCP + 1)}$ (II.29)

On pose $p = j\omega$

$$H(j\omega) = \frac{RCj\omega}{(LC(j\omega)^2 + RCj\omega + 1)}$$
 (II.30)

II.8.2. Calcul du module de la fonction de transfert :

$$H(j\omega) = \frac{RC\omega}{\sqrt{(RC\omega)^2 + (1 - LC\omega^2)^2}}$$
 (II.31)

II.8.3. Phase de la fonction de transfert :

$$\varphi = \arg\{H(j\omega)\} = \pi/2 - \arctan \frac{RC\omega}{1-LC\omega^2} \quad (\text{II.32})$$

I maximal quand $L\omega_0 = \frac{j}{C\omega_0}$

dans ce cas : $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$

Si $\omega \rightarrow 0$	$ H(j\omega) = 0$
Si $\omega = 1/\sqrt{LC}$	$ H(j\omega) = 1$
Si $\omega \rightarrow \infty$	$ H(j\omega) = 1$
Si $\omega \rightarrow 0$	$\varphi = \pi/2$
Si $\omega \rightarrow 1/\sqrt{LC}$	$\varphi = 0$
Si $\omega \rightarrow \infty$	$\varphi = 0$

pour $R=1000\Omega$ $L=0.001H$ $C=0.0001F$

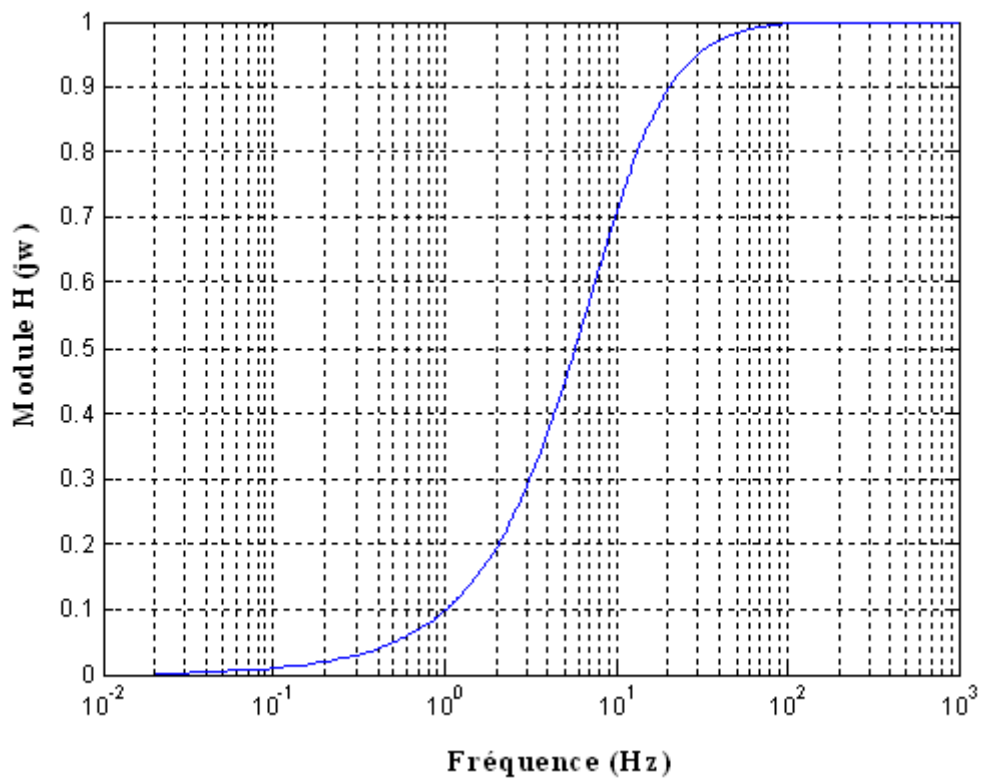
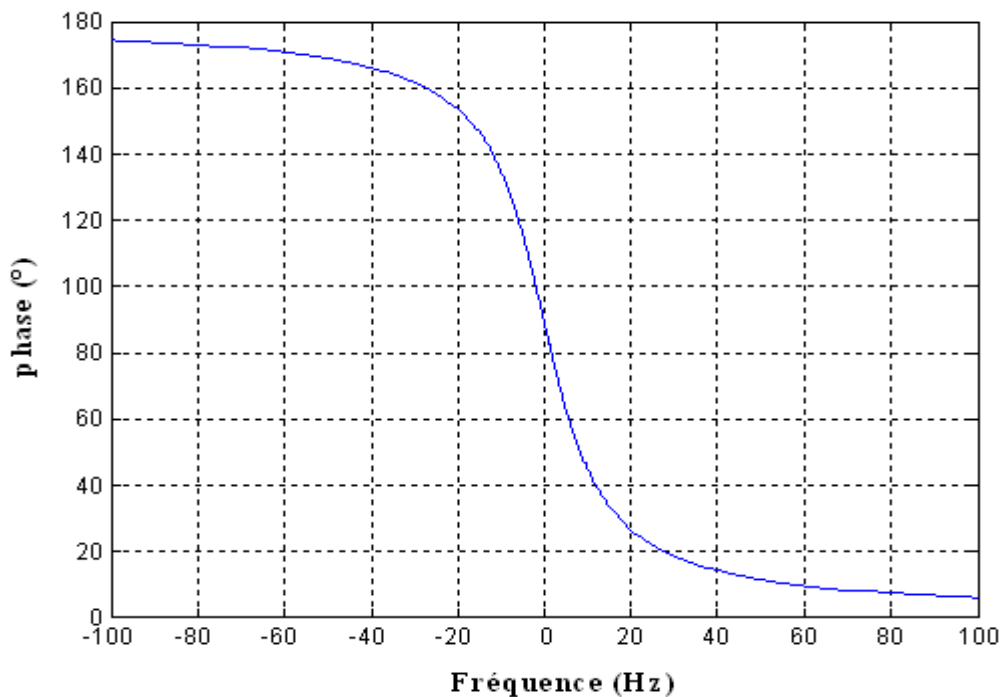
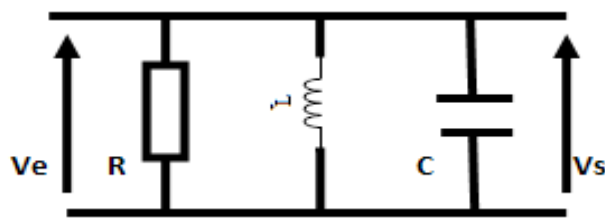


Figure II.21. Module de la fonction de transfert du circuit RLC Passe-bande 2nd ordre**Figure II.22. Phase de la fonction de transfert du circuit RLC Passe-bande 2nd ordre****Interprétation**

On remarque dans le graphe de la figure II.21 que le module est toujours inférieur à 1 et que la fréquence proportionnelle au module.

Mais dans le graphe de la phase figure II.22, l'angle est compris entre $0 < \varphi < \pi/2$ quelque soit la valeur de ω .

II.9. Circuit Passe haut RLC parallèle du 2nd ordre :**Figure II.23. Circuit RLC parallèle passe haut 2^{em} ordre****II.9.1. Calcul fonction de transfert**

$$Z_R = R; \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} \quad Z_L = jL\omega \quad Z_R = R; \quad Z_C = \frac{1}{CP}; \quad Z_L = LP$$

On utilise divisons de courant :

$$1/Z_{R,L} = 1/Z_R + 1/Z_L$$

$$1/Z_T = 1/R + 1/Lp$$

$$Z_{R,L} = \frac{RLP}{LP+R}$$

$$H(p) = \frac{I_c(p)}{I(p)} = \frac{Z_{R,L}}{Z_{R,L} + 1/CP} = \frac{RLCP^2}{RLCP^2 + Lj\omega + R}$$

(II.33)

$$p = j\omega$$

$$H(j\omega) = \frac{RL\omega^2}{RLC\omega^2 - Lj\omega - R} \quad (II.34)$$

II.9.2. Module de fonction de transfert

$$|H(j\omega)| = \frac{RL\omega^2}{\sqrt{(RLC\omega^2 - R)^2 + (L\omega)^2}} \quad (II.35)$$

II.9.3. Phase de fonction de transfert

$$\varphi = \arg\{H(j\omega)\} = -\arctan \frac{L\omega}{R - RLC\omega^2} \quad (II.36)$$

dans ce cas : $\omega_0 = 1/\sqrt{RC}$

Si $\omega \rightarrow 0$

$$|H(j\omega)| = 0$$

Si $\omega = 1/\sqrt{LC}$

$$|H(j\omega)| = 1$$

Si $\omega \rightarrow \infty$

$$|H(j\omega)| = \infty$$

Si $\omega \rightarrow 0$

$$\varphi = 0$$

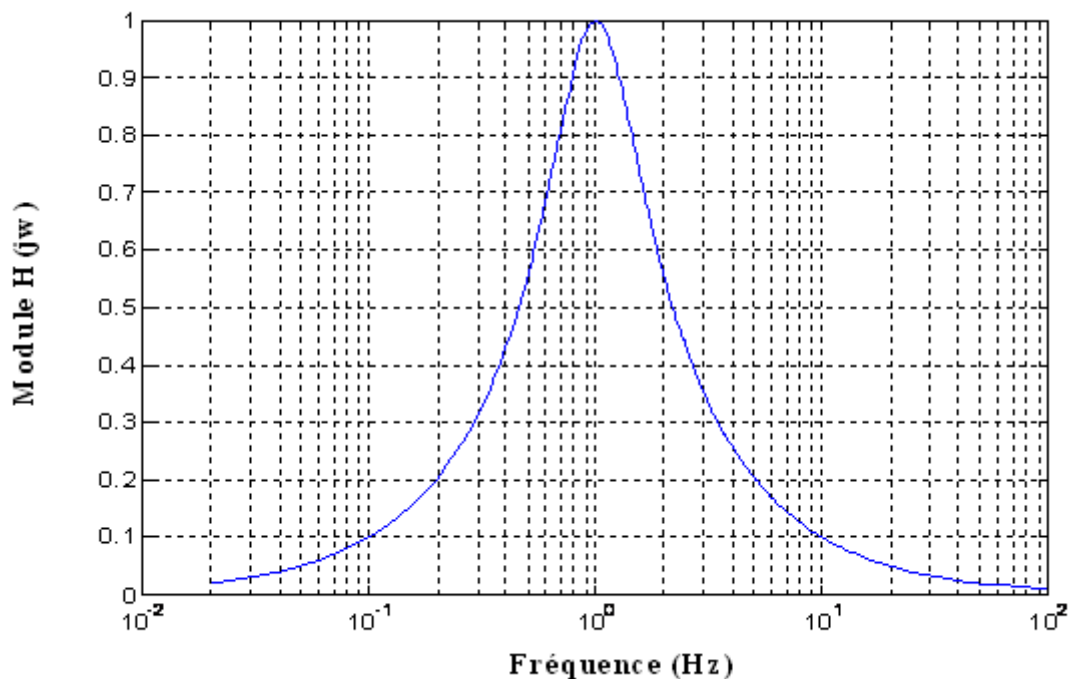
Si $\omega \rightarrow 1/\sqrt{LC}$

$$\varphi = -\pi/2$$

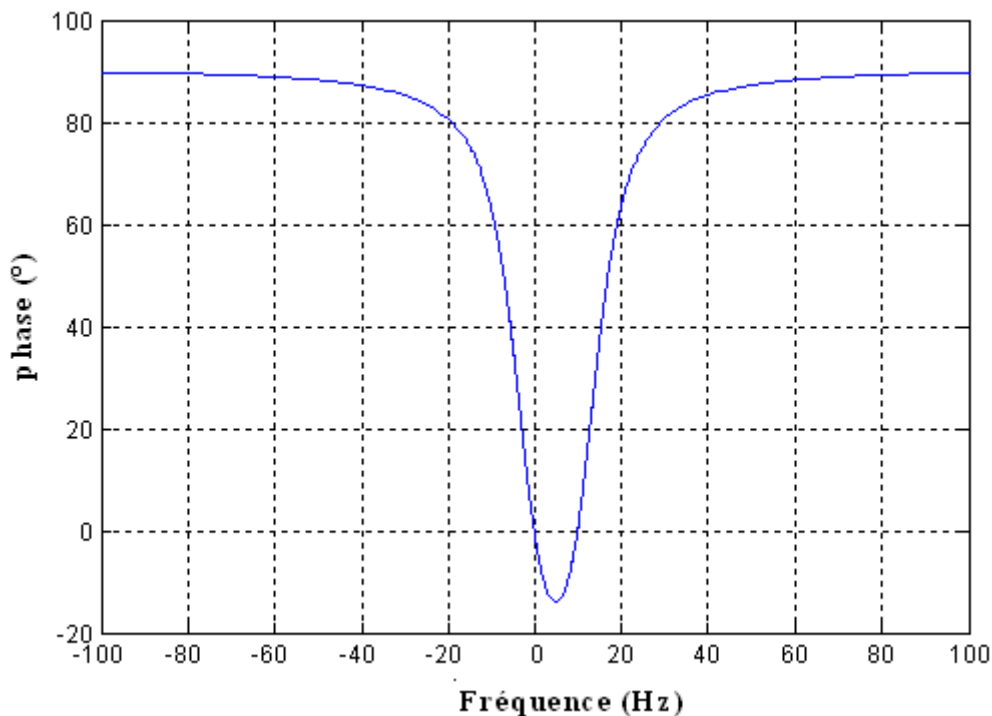
Si $\omega \rightarrow \infty$

$$\varphi = \pi/2$$

pour $R=1 \Omega$ $L=0.1 H$ $C=0.1$



**Figure II.24. Module de la fonction de transfert du circuit RLC Passe-haut parallèle
2^{em}ordre**



**Figure II.25. Phase de la fonction de transfert du circuit RLC Passe-haut parallèle
2^{em}ordre**

Interprétation :

Dans le graphe de module on remarque à la fréquence de coupure le module égale 1 après sa valeur est diminuée quelque soit ω .

Mais dans le graphe de phase à la fréquence de coupure la phase est inférieure à 0.

III Régime transitoire :

III.1 Introduction.

Lorsqu'on ferme un circuit pour le mettre en fonction, les courants et les tensions mettent un certain temps à s'établir. C'est le régime transitoire.

Les composants tels le condensateur et l'inductance sont à l'origine de ce régime transitoire. Pour diverses raisons techniques et/ou économiques, il peut être nécessaire de connaître ce temps ou du moins d'avoir un ordre de grandeur, car ce restart peut être un avantage ou un inconvénient:

1. utilisation du régime transitoire: filtrage; lissage du courant et de la tension après redressement; stockage momentané d'énergie; découplage; déphasage entre la tension et le courant; temporisateurs, oscillateurs.
2. effets indésirables le démarrage ou l'arrêt d'un moteur d'asservissement doit être le plus bref possible pour une meilleure précision.

III.2 Equation Différentielle du circuit électrique :

La résolution numérique de l'équation différentielle permet la visualisation des phénomènes transitoires en fonction des différents paramètres. On suppose que le condensateur est déchargé à l'instant t initial. On pourra étudier l'influence de l'amortissement du circuit, de la fréquence de l'excitation et la forme de la tension appliquée au circuit.

III.3 Circuit RC :

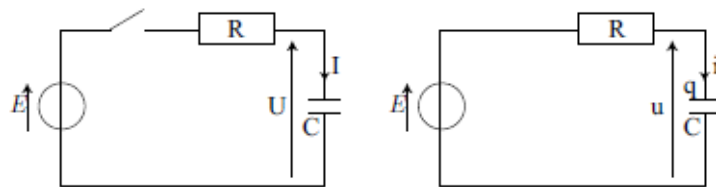


Figure III.1. : Schéma du circuit RC série

Équation différentielle du circuit :

$$Ri + \frac{q}{C} = U$$

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = U$$

$$RC \frac{dq}{dt} + q = CU$$

Solution de l'équation :

$$q = CA e^{-t/RC} + CU$$

$$u = A e^{-t/RC} + U$$

Charge du condensateur : $U = E$

Conditions initiales : A $t = 0$, $u = 0$

$$0 = A + E \text{ donc } A = -E$$

$$u(t) = E (1 - e^{-t/RC}) \quad (III.1)$$

Pour : $E=1 \text{ volt}$ $R=2 \text{ KOhm}$ $C=100 \mu \text{ F}$

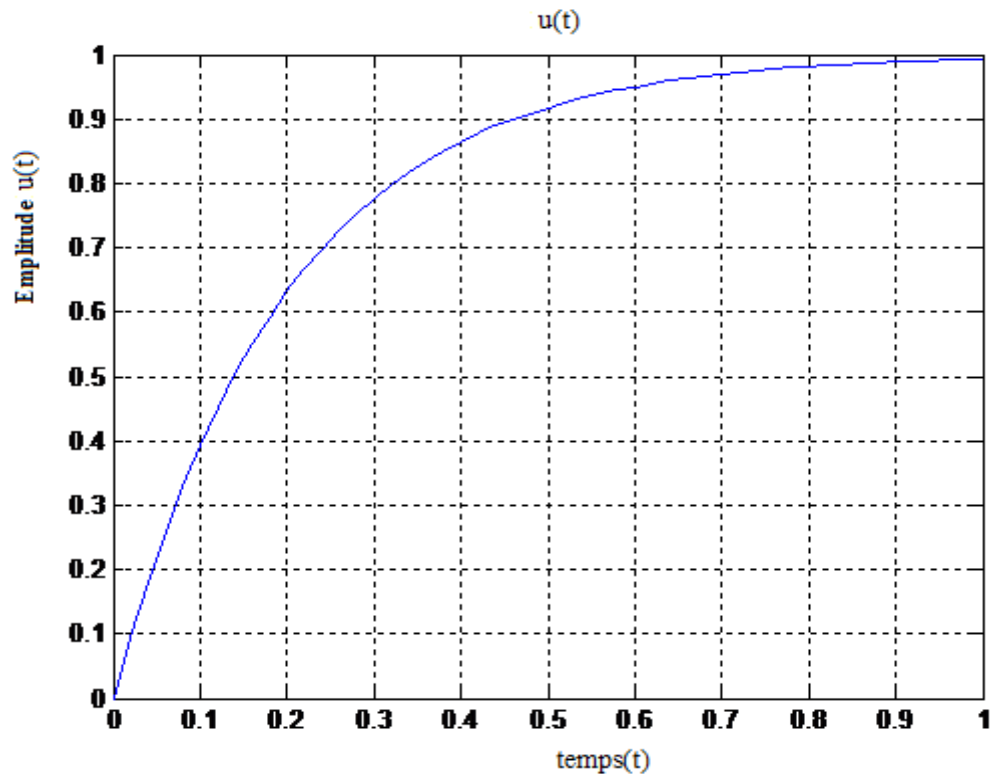


Figure III.2 : charge de condensateur

Interprétation :

Le condensateur se charge jusqu'à ce que sa tension atteigne la tension d'alimentation E . Alors que la tension d'alimentation du circuit passe subitement (échelon) d'un état à l'autre (à la fermeture de K), la tension $u(t)$ ne subit pas de discontinuité.

Le temps de charge dépend de R et C mais pas de E

La forme de la courbe est du type exponentiel.

- On remarque que le régime continu est atteint lorsque le condensateur a atteint sa charge maximale sous la tension E_0 ; alors, le courant ne circule plus.

– En régime continu, le condensateur se comporte comme un interrupteur ouvert.

-L'énergie E_c emmagasinée par le condensateur n'est pas dissipée (perdue), mais stockée tant que le régime est continu.

-Le régime transitoire est considéré comme fini lorsque le signal attend 95% de sa valeur maximale, ce qui revient à: $t=3\tau$

Décharge du condensateur : $U = 0$ Conditions initiales : A $t = 0$, $u = E$

$$E = A$$

$$u = E e^{\frac{-t}{RC}} \quad (\text{III.2})$$

Constante de temps $\tau = RC$

Pour :

$$E=1 \text{ volt}$$

$$R=2 \text{ KOhm}$$

$$C=100 \mu \text{ F}$$

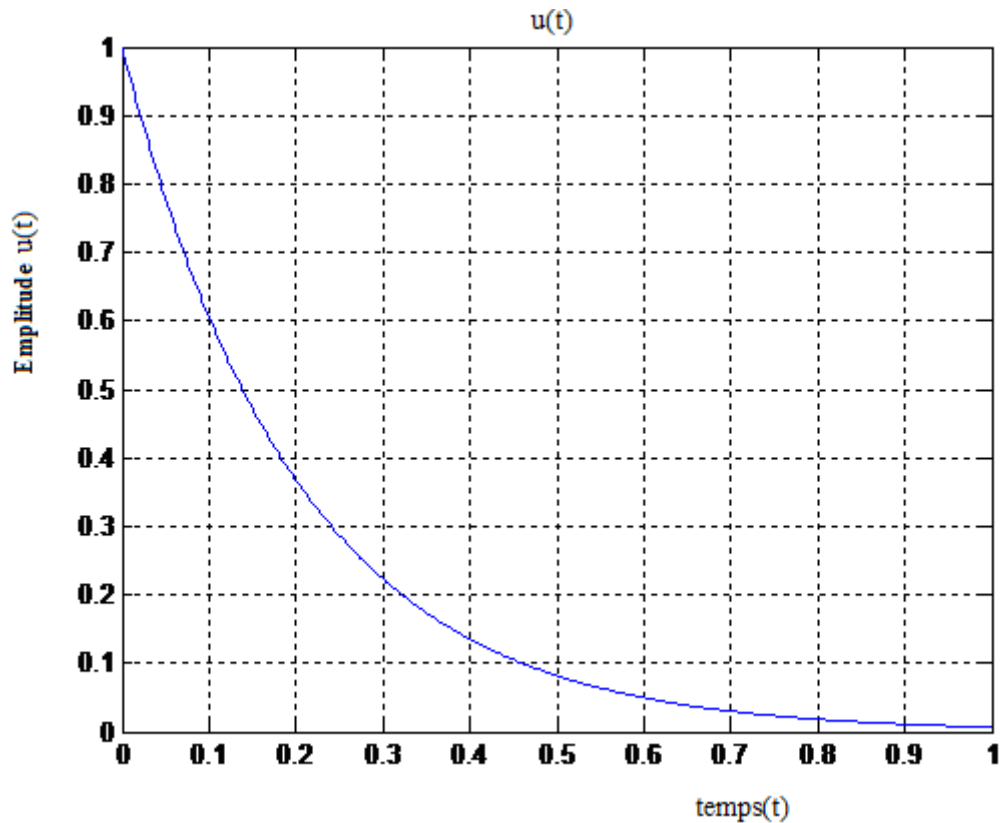


Figure III.3 décharge de condensateur

La tangente à l'origine d'équation $-\frac{E}{\tau} + E$ coupe l'axe des abscisses en $t = \tau$

III.4. Circuit RL :

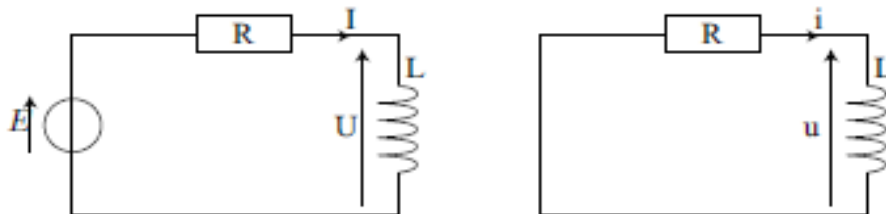


Figure III.4 : Schéma du circuit RL série

Équation différentielle du circuit :

$$L \frac{di}{dt} + Ri = U(t)$$

$$L/R \frac{di}{dt} + i(t) = U(t)/R$$

Solution de l'équation :

$$i(t) = A e^{-R/L t} + U(t)/R$$

Établissement du courant : $U = E$

Conditions initiales : A $t = 0$, $i = 0$

$$0 = A + E/R \quad \text{donc } A = -E/R$$

$$i(t) = E/R (1 - e^{-R/L t}) \quad (\text{III.3})$$

Constante de temps $\tau = L/R$.

Pour :

E=1 volt

R=20 KOhm

L=10 Henry

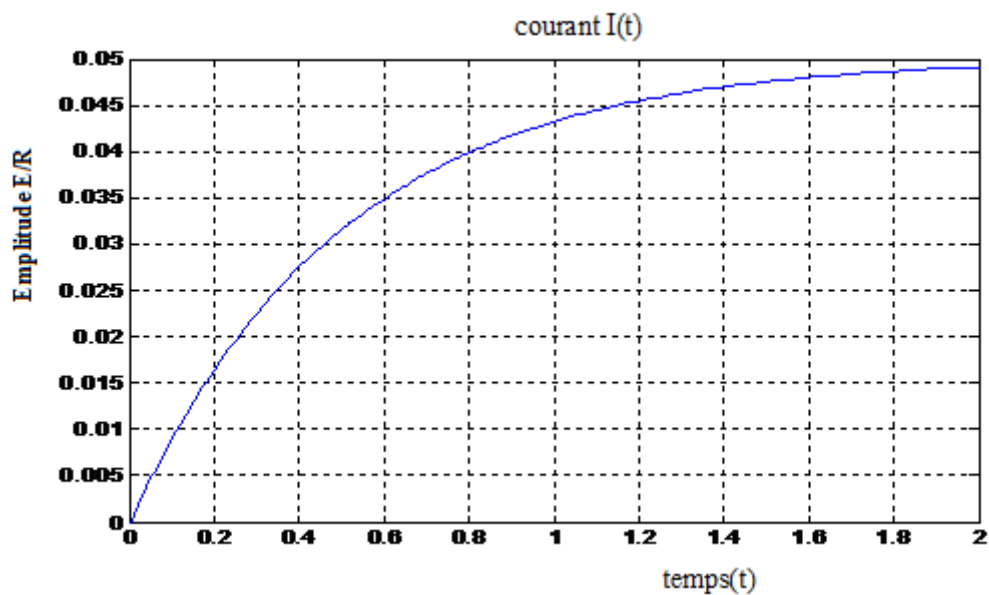


Figure III.5 le courant de charge d'une inductance

Rupture du courant : $U = 0$

Conditions initiales : A $t = 0$ $i = E/R$

$$E/R = A$$

$$i(t) = E/R e^{-\frac{R}{L} t} \quad (\text{III.4})$$

Pour :

E=1 volt

R=20 KOhm

L=10 Henry

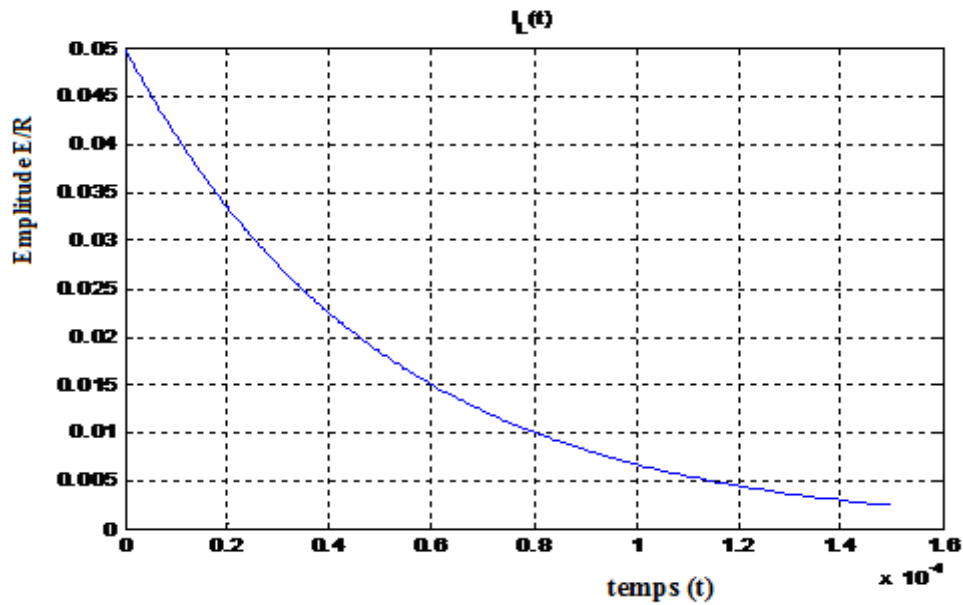


Figure III.6 : rupture du courant

III.5 Circuit RLC série :

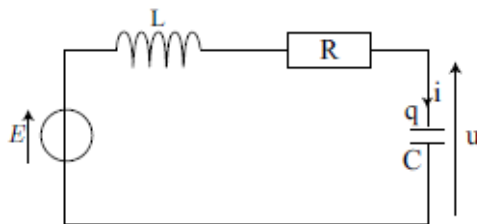


Figure III.7 : Schéma du circuit RLC série.

Équation différentielle du circuit:

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{C} = 0$$

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \quad \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = 0$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} : \text{est pulsation propre.} \quad \xi = \frac{R}{L} \text{ coefficient d amortissement}$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \xi \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0$$

. Solution de l'équation différentielle.

On cherche une solution du type $q = a e^{\alpha t}$

$$\alpha^2 a e^{\alpha t} + \xi \alpha a e^{\alpha t} + \omega_0^2 a e^{\alpha t} = 0$$

$$\alpha^2 + \xi \alpha + \omega_0^2 = 0$$

$$\alpha_1 = \frac{-\xi}{2} + \sqrt{\frac{\xi^2}{4} - \omega_0^2}$$

$$\alpha_2 = \frac{-\xi}{2} - \sqrt{\frac{\xi^2}{4} - \omega_0^2}$$

Les amortissements forts : c'est le régime apériodique $\xi > 2\omega_0$.

$\xi > 2\omega_0$ donc α_1 et α_2 sont réels.

$$q = C u_c = a e^{\alpha_1 t} + b e^{\alpha_2 t}$$

$$u_c = \frac{a}{C} e^{\alpha_1 t} + \frac{b}{C} e^{\alpha_2 t}$$

$$i = \alpha_1 a e^{\alpha_1 t} + \alpha_2 b e^{\alpha_2 t}$$

Conditions initiales : A $t = 0$ $U = E \Rightarrow q_0 = CE$ et $i = 0$

$$CE = a + b$$

$$0 = \alpha_1 a + \alpha_2 b \text{ d'où}$$

$$a = \alpha_2 CE / (\alpha_2 - \alpha_1)$$

$$b = \alpha_1 CE / (\alpha_1 - \alpha_2)$$

$$u_c(t) = \frac{\alpha_2 CE}{\alpha_2 - \alpha_1} e^{\alpha_1 t} + \frac{\alpha_1 CE}{\alpha_1 - \alpha_2} e^{\alpha_2 t} \quad (\text{III.5})$$

Pour : $E=1 \text{ volt}$ $R=20 \text{ KOhm}$ $L=10 \text{ Henry}$ $C=100\text{mF}$

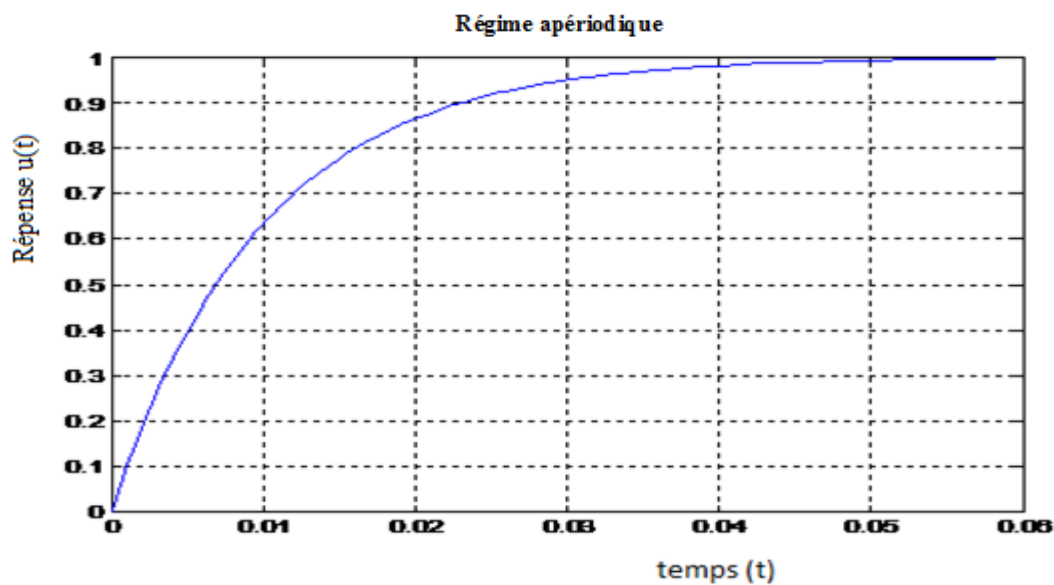


Figure III.8: Régime apériodique

La valeur de R est très importante. L'amortissement est très élevé. On n'observe plus oscillation.

les amortissements faibles: c'est le Régime oscillatoire amorti $\xi < 2\omega_0$.

$\xi < 2\omega_0$ donc α_1 et α_2 sont complexes.

$$\alpha_1 = \frac{-\xi}{2} + j\sqrt{\omega_0^2 - \frac{\xi^2}{4}} = \frac{-\xi}{2} + j\omega' \quad (\text{On pose } \sqrt{\omega_0^2 - \frac{\xi^2}{4}} = \omega')$$

$$\alpha_2 = \frac{-\xi}{2} - j\sqrt{\omega_0^2 - \frac{\xi^2}{4}} = \frac{-\xi}{2} - j\omega'$$

$$q(t) = a e^{\frac{-\xi}{2}t + j\omega' t} + b e^{\frac{-\xi}{2}t - j\omega' t}$$

$$a = a_r + j a_i$$

$$b = b_r - j b_i \quad q = e^{\frac{-\xi}{2}t} ((a_r + j a_i)(\cos(\omega' t) + j \sin(\omega' t)) + (b_r + j b_i)(\cos(\omega' t) - j \sin(\omega' t)))$$

$$q = e^{\frac{-\xi}{2}t} ((a_r + b_r)(\cos(\omega' t) + (b_i - a_i)(\sin(\omega' t))) + j((a_r - b_r)(\sin(\omega' t) + a_i + b_i) \cos(\omega' t)))$$

q est réel donc la partie imaginaire est nulle

donc $a_r - b_r = 0$ et $a_i + b_i = 0$, donc $a_r = b_r$ et $a_i = -b_i$ donc $b = a^*$ (valeur conjuguée de a)

$$q = e^{\frac{-\xi}{2}t} (a e^{j\omega' t} + a^* e^{-j\omega' t})$$

Conditions initiales : A $t = 0$ $U = E \Rightarrow q_0 = CE$ et $i = 0$

$$q = e^{\frac{-\xi}{2}t} (a_r + j a_i) e^{j\omega' t} + (a_r - j a_i) e^{-j\omega' t}$$

$$q = e^{\frac{-\xi}{2}t} (a_r (e^{j\omega' t} + e^{-j\omega' t}) + j a_i (e^{j\omega' t} - e^{-j\omega' t}))$$

$$q = e^{\frac{-\xi}{2}t} (2a_r \cos(\omega' t) - 2a_i \sin(\omega' t))$$

$$i = e^{\frac{-\xi}{2}t} (-2a_r \omega' \sin(\omega' t) - 2a_i \omega' \cos(\omega' t)) \quad \frac{-\xi}{2} e^{\frac{-\xi}{2}t} (2a_r \cos(\omega' t) - 2a_i \sin(\omega' t))$$

$$CE = 2a_r \quad \text{donc} \quad a_r = CE/2$$

$$0 = -2a_i \omega' \quad \frac{-\xi}{2} 2a_r = -2a_i \omega' \quad \frac{-\xi}{2} CE \quad \text{donc} \quad a_i = \frac{-\xi}{2} CE / 2 \omega'$$

$$q(t) = CE e^{\frac{-\xi}{2}t} (\cos(\omega' t) + \xi / 2 \omega' \sin(\omega' t))$$

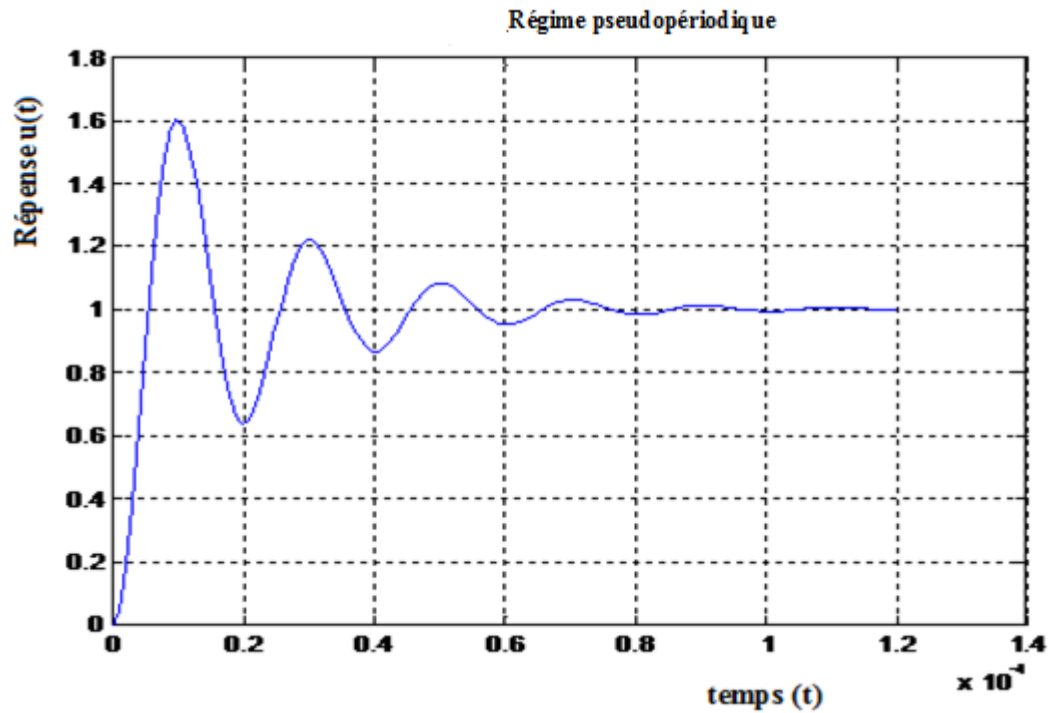


Figure III.9: Régime pseudopériodique

$$u_c(t) = E e^{-\frac{\xi}{2}t} \left(\cos(\omega' t) + \frac{\xi}{2\omega'} \sin(\omega' t) \right) \quad (\text{III.6})$$

Le régime pseudopériodique est observé pour des valeurs faibles de la résistance R. La tension oscille toujours autour de zéro, mais son amplitude décroît au cours du temps. On appelle pseudo-période T la durée qui sépare deux maxima positifs consécutifs. Pour de faibles amortissements $T = T_0$. Pour des amortissements un peu plus élevés $T \geq T_0$. L'amortissement est égal à l'unité: c'est le Régime aperiodique critique $\xi = 2\omega_0$.

$$\omega' = \omega_0 - \frac{\xi}{2} = 0 \quad \text{ou} \quad \xi = 2\omega_0$$

$$\text{solution oscillant } e^{-\frac{\xi}{2}t} \text{ tell : } q = CE \left(\cos(\omega' t) + \frac{\xi}{2\omega'} \sin(\omega' t) \right)$$

$$\text{On fait tendre } \omega' \text{ vers } 0 \text{ donc } \frac{\xi}{2} \sin(\omega' t) / \omega' \text{ tend vers } \frac{\xi}{2\omega'} t = \frac{\xi}{2} t$$

$$q(t) = CE e^{-\frac{\xi}{2}t} \left(1 + \frac{\xi}{2} t \right) = C.E e^{(-\omega_0 t)(1+\omega_0 t)}$$

$$u_c(t) = E e^{-\frac{\xi}{2}t} \left(1 + \frac{\xi}{2} t \right) \quad (\text{III.7})$$

Pour : $E=1$ volt $R=5$ KOhm $L=10$ Henry $C=100$ mF

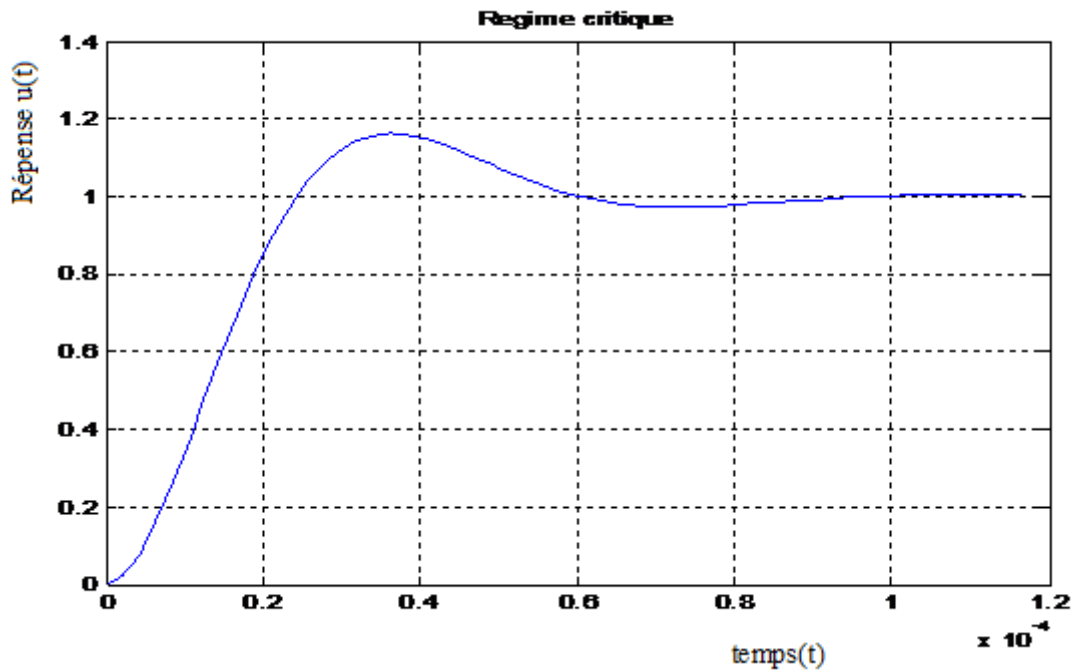


Figure III.10: Régime critique

Le régime critique correspond à un amortissement plus important. Ce régime est la limite entre le régime pseudo-périodique et le régime apériodique.

III.6 Circuit LC

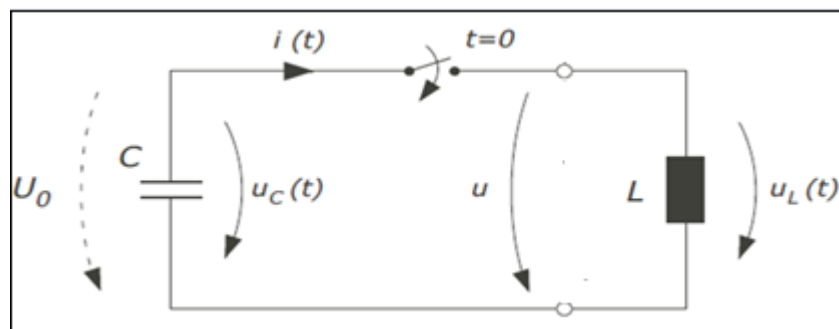


Figure III.7 : Schéma du circuit RLC série.

Régime non amortie

$$\text{On } \frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{q}{LC} = 0$$

dont la solution est sinusoïdale :

$$q(t) = Q_m \sin(\omega_0 t + \phi) \quad \text{avec} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad \text{et} \quad T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$u_c(t) = Q_m \sin(\omega_0 t + \phi) = \frac{Q_m}{C} \sin(\omega_0 t + \phi) = U_m \sin(\omega_0 t + \phi)$$

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = Q_m \omega_0 \cos(\omega_0 t + \phi) = C U_m \omega_0 \cos(\omega_0 t + \phi) = I_m \cos(\omega_0 t + \phi)$$

Conditions initiales : A $t = 0$, $i = I_0$ et $u_c = U_0$

$$u_c = U_m \sin \phi = U_0$$

$$i = C U_m \omega_0 \cos \phi = I_0$$

$$\tan \phi = \sin \phi / \cos \phi = C \omega_0 \frac{U_0}{I_0}$$

$$U_m = \frac{U_0}{\sin \phi}$$

A $t = 0$, $i = 0$ et $u_0 = E$

$$I(t) = \frac{E}{L \omega_0} \quad (\text{III.8})$$

$$u_c(t) = E \sin(\omega_0 t + \pi/2) = E \cos(\omega_0 t) \quad (\text{III.9})$$

Pour : **E=1 volt** **R=20 KOhm** **L=10 Henry** **C=100mF**

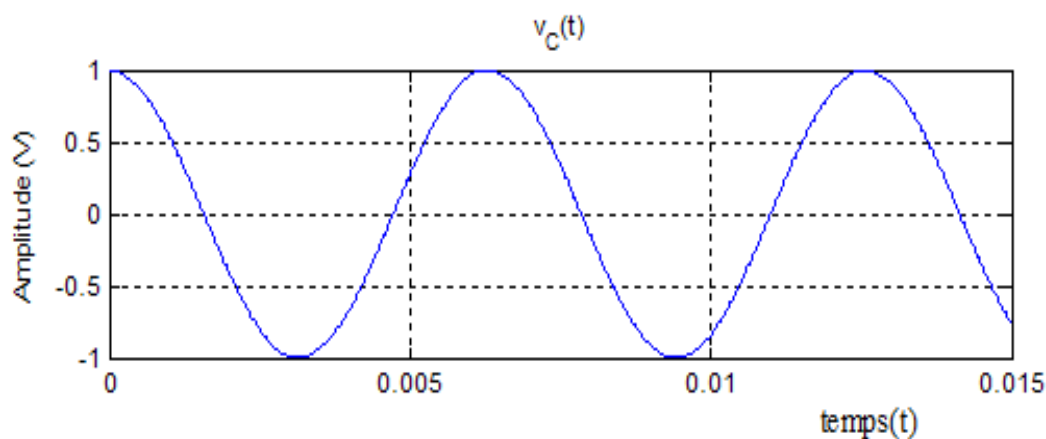


Figure III.12: tension

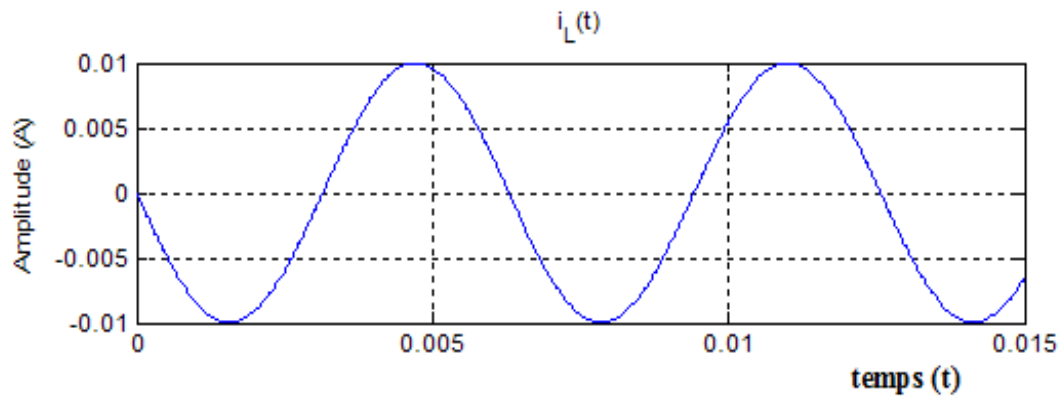


Figure III.13: courant

La tension aux bornes du condensateur est de nature sinusoïdale.

Quand on augmente la valeur de la capacité, l'énergie initiale du condensateur est plus élevée. L'énergie reçue par la bobine l'est alors également. La période des oscillations augmente également.

Quand on augmente la valeur de l'inductance, la période des oscillations augmentent mais n'a pas d'influence sur l'énergie de la bobine car c'est le condensateur qui apporte l'énergie initiale.

Dans le cas d'un circuit LC, où il n'y a donc pas de résistance, le régime est appelé :

Périodique sinusoïdale ou harmonique. Il n'y a pas d'amortissement. La période propre est T_0 .

III.7 Circuit RLC parallèle

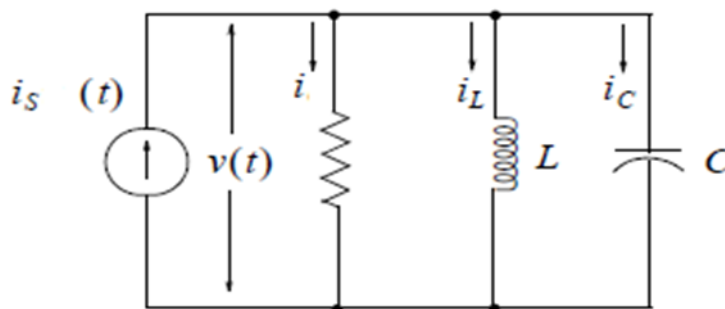


Figure III.14. : Schéma du circuit RLC parallèle

Nous voulons trouver une expression pour la tension pour $V(t)$ pour $t > 0$

$$i_C = C \frac{dv}{dt} \qquad v = L \frac{di}{dt} \qquad i(t) = \frac{1}{L} \int_{t_0}^t v dt + i(t_0)$$

$$\sum i = 0 \rightarrow i_s(t) - \frac{v}{R} - \frac{1}{L} \int_{t_0}^t v dt - I_L(t_0) - C \frac{dv}{dt} = 0$$

=> Multiplication par (-1) et dérivé une deuxième fois:

$$C \frac{d^2 v}{dt^2} + \frac{1}{R} \frac{dv}{dt} + \frac{1}{L} v = \frac{di_s}{dt}$$

Équation caractéristique:

$$s_1, s_2 = \frac{-\frac{1}{R} \pm \sqrt{\frac{1}{R^2} - 4 \frac{C}{L}}}{2C}$$

On entre (2C) dans la racine:

$$s_1, s_2 = -\frac{1}{2CR} \pm \sqrt{\frac{1}{(2CR)^2} - \frac{1}{LC}}$$

Comme on sait, il y a 3 types de réponses naturelles possibles.

Sur-amorti (2 racines réelles distinctes)

$$s_1, s_2 = -\frac{1}{2CR} \pm \sqrt{\frac{1}{(2CR)^2} - \frac{1}{LC}}$$

$$\frac{1}{(2RC)^2} > \frac{1}{LC} \rightarrow \frac{4R^2C^2}{LC} < 1$$

$$L > 4R^2C$$

$$V(t) = A_1 e^{ts_1} + A_2 e^{ts_2} \quad (\text{III.10})$$

Sous-amorti (2 racines complexes).

$$\frac{1}{(2RC)^2} < \frac{1}{LC}$$

La réponse contient des sinus et des cosinus (oscillations).

La fréquence de résonance est définie par:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Le coefficient d'amortissement: $\xi = \frac{1}{2RC}$

La fréquence amortie est : $\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \xi^2}$

Avec ces définitions:

$$s_1, s_2 = -\xi + j\omega_d$$

$$V(t)=e^{-t\xi}(A_1 \cos \omega_d t + A_2 \sin \omega_d t) \quad (\text{III.11})$$

Amortissement critique (2 racines réelles identiques).

Il faut: $L = 4R^2C$

et alors $s_1 = s_2 = -\xi$

$$V(t)=e^{-t\xi}(A_1 + A_2 t) \quad (\text{III.12})$$

Dans le circuit RLC parallèle l'amortissement diminue lorsque la valeur de résistance R diminue si l'inversement de l'amortissement au circuit RLC série.

Conclusion :

Nous espérons par le présent chapitre avoir bien expliqué les deux régimes fréquentielle et transitoire en décrivant tous les facteurs et leur comportement sous ces deux régimes.

Introduction :

Matlab est un logiciel de calcul numérique produit par MathWorks

Matlab est un langage simple et très efficace, optimisé pour le traitement des matrices, d'où son nom. Pour le calcul numérique, *Matlab* est beaucoup plus concis que les "vieux" langages (C, Pascal, Fortran, Basic). Un exemple: plus besoin de programmer des boucles modifier pour un à un les éléments d'une matrice. On peut traiter la matrice comme une simple variable. *Matlab* contient également une interface graphique puissante, ainsi qu'une grande variété d'algorithmes scientifiques.

Présentation de Matlab :

MATLAB est un logiciel interactif basé sur le calcul matriciel (MATrix LABoratory). Il est utilisé dans les calculs scientifiques et les problèmes d'ingénierie parce qu'il permet de résoudre des problèmes numériques complexes en moins de temps requis par les langages de programmation, et ce grâce à une multitude de fonctions intégrées et à plusieurs programmes outils testés et regroupés selon usage (boîtes à outils ou Toolbox).

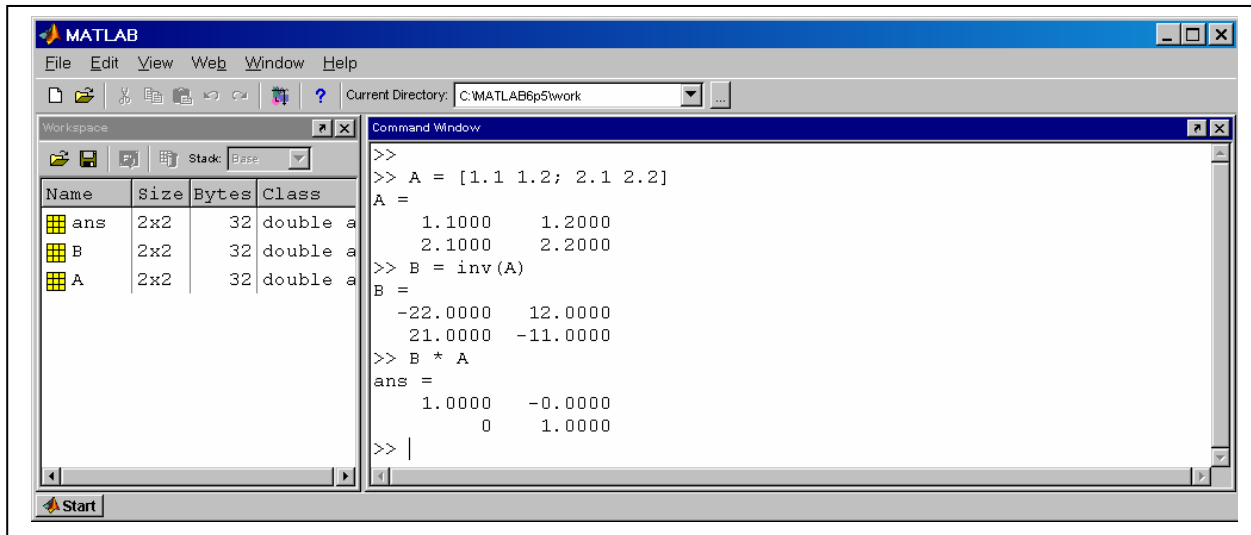
particularités de MATLAB

MATLAB permet le travail interactif soit en mode commande, soit en mode programmation ; tout en ayant toujours la possibilité de faire des visualisations graphiques. Considéré comme un des meilleurs langages de programmations (C ou Fortran), MATLAB possède les particularités suivantes par rapport à ces langages :

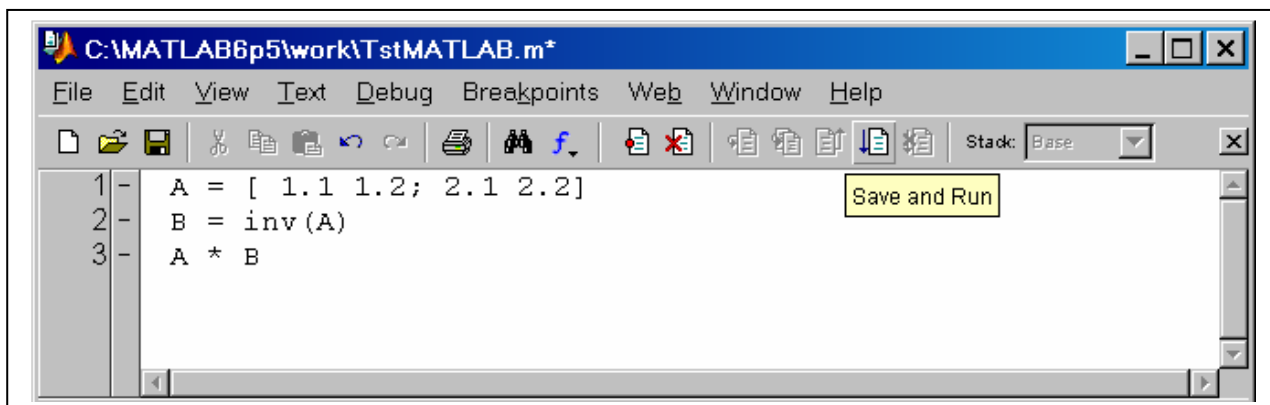
- la programmation facile,
- la continuité parmi les valeurs entières, réelles et complexes,
- la gamme étendue des nombres et leurs précisions,
- la bibliothèque mathématique très compréhensive,
- l'outil graphique qui inclus les fonctions d'interface graphique et les utilitaires,
- la possibilité de liaison avec les autres langages classiques de programmations (C ou Fortran).

Dans MATLAB, aucune déclaration n'est à effectuer sur les nombres. En effet, il n'existe pas de distinction entre les nombres entiers, les nombres réels, les nombres complexes et la simple ou double précision. Cette caractéristique rend le mode de programmation très facile et très rapide. En Fortran par exemple, une subroutine est presque nécessaire pour chaque variable simple ou double précision, entière, réelle ou complexe. Dans MATLAB, aucune nécessité n'est demandée pour la séparation de ces variables.

La bibliothèque des fonctions mathématiques dans MATLAB donne des analyses mathématiques très simples. En effet, l'utilisateur peut exécuter dans le mode commande n'importe quelle fonction mathématique se trouvant dans la bibliothèque sans avoir à recourir à la programmation.



ces déclarations et les commandes peuvent être introduites ligne par ligne dans la fenêtre des commandes ou sous forme d'un *script* dans un éditeur qui peut être évoqué par la commande `edit`.



L'exécution du script (les commandes une après une) se fait à l'aide du bouton Save and Run ou avec le menu debug/Save and Run ou bien, simplement, en appuyant sur la touche fonction F5.

Les résultats d'exécution sont affichés dans la fenêtre des commandes de la même manière que si

les commandes sont entrées dans cette fenêtre.

Remarques :

Une ligne de commande peut contenir plusieurs instructions séparées par des virgules ou par des points-virgules.

Le résultat d'une instruction suivie par un point-virgule ne sera pas affiché.

Operations sur les matrices :

Les opérations matricielles suivantes sont disponibles sous MATLAB

+ Addition $C = A + B$

– Soustraction $C = A - B$

* Multiplication $C = A * B$

^ Puissance $C = A^2$ ou bien $C = A * A$

' Transposée $C = A'$ ou bien $C = \text{transpose}(A)$

\ division gauche $x = A \backslash b$

/ division droite $x = b/A$

Ces opérations matricielles s'appliquent aussi sur des scalaires. Une erreur est provoquée dans le

cas où les rangs des matrices sont incompatibles.

Remarque 1

La division matricielle implique la résolution de systèmes d'équations linéaires. Si A est une matrice carrée inversible :

$x = A \backslash b$ est la solution du système $A * x = b$, avec x et b sont des vecteurs colonne

$x = b/A$ est la solution du système $x * A = b$, avec x et b sont maintenant des vecteurs lignes

```
>> A = [3 2; 4 7]
```

```
A =
```

```
3 2
```

```
4 7
```

```
>> b = [2;3]
```

```
b =
```

```
2
```

```
3
```

```
>> x = A \ b
```

```
x =
```

```
0.6154
```

```
0.0769
```

```
>> A * x
```

```
ans =
```

```
2
```

```
3
```

```
y = b'
```

```
y =
```

```
2      3
```

```
>> z = y/A
```

```
z =
```

```
0.1538 0.3846
```

```
>> z * A
```

```
ans =
```

```
2      3
```

Operations sur les vecteurs :

Les vecteurs sont considérés comme des matrices rectangulaires d'une ligne ou d'une colonne.

Toutes les opérations matricielles s'appliquent sur les vecteurs mais il faut faire attention aux correspondance des tailles. Les opérateurs précédés d'un point sont particulièrement utiles dans les calculs de vecteurs et dans les représentations graphiques.

Exemple de manipulation de vecteurs :

```
>> a = [2 1 3]           % vecteur ligne
```

```
a =
```

```
2      1      3
```

```
>> b = [1;3;2]           % vecteur colonne
```

```
b =
```

```
1
```

```
3
```

```
2
```

```
>> a * b                   % produit scalaire
```

```
ans =
```

```
11
```

```
>> a .* b'                 % produit de composantes (remarquer  
b')
```

```

ans =
2 3 6
>> x = 0:0.2:1                                % vecteur à pas fixe
x =
0 0.2000 0.4000 0.6000 0.8000 1.0000
>> y = x.^2 .* cos(x) % y(x) = x^2 cos(x)
y =
0 0.0392 0.1474 0.2971 0.4459 0.5403
>> plot(x,y)                                % affiche une fenêtre du graphe y(x)

```

Fonctions sur les matrices :

MATLAB contient plusieurs fonctions qui s'appliquent sur les matrices. Celles qui peuvent nous intéresser sont les suivantes. (Utiliser help ou demo pour en savoir plus)

eig valeurs et vecteurs propres [Vects,Vals] = eig(A)

chol décomposition de cholesky C = chol(A) A = C'*C

lu décomposition LU [L,U] = lu(A) A = L *U

qr décomposition QR [Q,R] = qr(A) A = Q *R

svd décomp. en val. Singulières [U,S,V] = svd(A) A = U*S*V'

inv inverse B = inv(A) I = B * A

det déterminant d = det(A)

norm norme plusieurs définitions voir help norm Les fonctions scalaires telles que cos, sin, exp, log ... etc. s'appliquent sur les éléments des matrices

Exemple de calcul de valeurs et vecteurs propres :

```

>> A = [5 2 1; 2 7 3; 1 3 8] ;
>> [vects,vals] = eig(A)
vects =
0.7040                0.6349 0.3182
-0.6521               0.4005 0.6437
0.2812               -0.6607 0.6959
vals =
3.5470                0         0
0                   5.2209 0
0                   0         11.2322

```

```
>> vects' * A * vects
```

```
ans =
```

```
3.5470          -0.0000 -0.0000  
-0.0000          5.2209 -0.0000  
-0.0000          -0.0000 11.2322
```

Les boucles dans Matlab :

La structure des boucles dans MATLAB ne diffère pas de celle d'autres langages de programmation

La boucle FOR a la structure suivante :

```
for valeur = valeur_initiale : pas : valeur_finale  
instruction 1  
instruction 2  
.....  
end
```

La boucle while a la structure suivante :

```
initialisations  
while expression logique  
instruction 1  
instruction 2  
.....  
End
```

Les testes logiques :

Les testes logiques dans MATLAB se font à l'aide des mots clés if, else et end. Les opérateurs relationnels utilisés dans les instructions logiques sont :

< inférieur <= inférieur ou égal

> supérieur >= supérieur ou égal

== égal ~= non égal (différent)

et les opérateurs logiques sont :

& et exemple : c = a & b ou bien c = and(a,b)

| ou exemple : c = a | b ou bien c = or(a,b)

~ non exemple : c = ~a ou bien c = not(a)

Les fichiers fonctions :

Les fichiers scripts permettent d'écrire et de sauvegarder les commandes dans un fichier disque. Les fichiers fonctions ont plus d'importance, ils offrent une extensibilité à MATLAB. On peut créer une fonction spécifique à un problème donné et l'utiliser de la même manière que les autres fonctions offertes par MATLAB. Un fichier fonction possède la structure suivante :

```
function [res1, res2, ...] = nom fonction(var1, var2, ...)
```

```
% mettre ici les lignes commentaire à afficher
```

```
% dans la fenêtre de commandes suite à une demande d'aide
```

```
% avec help nom fonction
```

```
instruction
```

```
instruction
```

le mot clé function est indispensable. Les variables d'entrée sont var1, var2 ... et les résultats sont

res1, res2, ... Autant de variables et de résultats que nécessaire peut être utilisé. Le fichier doit être sauvegarder sous le nom nomfonction.m et peut contenir plus d'une fonction.

Un mot clé return peut être ajouté en fin de chaque fonction.

```
function R = rot3dz(theta)
```

```
% R = rot3dz(theta)
```

```
% retourne une matrice de rotation 3d
```

```
% d'un angle autour theta de l'axe z
```

```
% theta en degrés mesuré à partir de l'axe x
```

```
theta = theta * pi/180; % transformation en radian
```

```
c = cos(theta); % cos et sin pour plus de rapidité
```

```
s = sin(theta);
```

```
R = [ c s 0
```

```
-s c 0
```

```
0 0 1
```

```
];
```

```
Return
```

Graphisme

Nous donnons ici les indications minimum. Utilisez help et les autres commandes d'aide pour

affiner vos connaissances et vos graphiques.

1 Graphiques à 2D

>> help graph2d % intro. au graphisme 2D et tableau des fonctions disponibles

a) courbes: **plot**

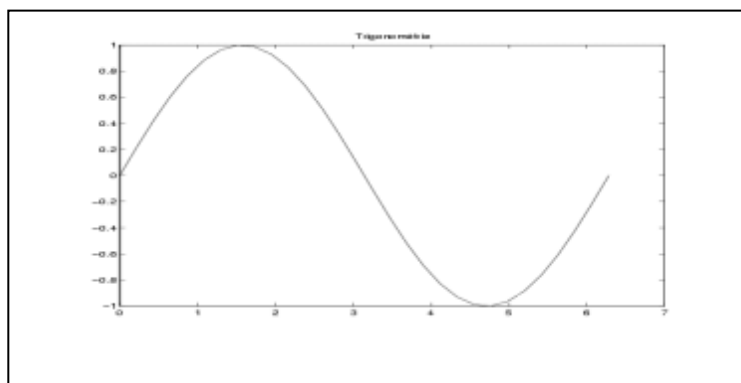
>> x=linspace(0,2*pi,30);

>> y=sin(x);

% un plot rudimentaire:

>> plot(x,y)

>> title('Trigonométrie')



2 Graphiques à 3D

>> help graph3d % introduction au graphisme 3D et tableau des fonctions disponibles

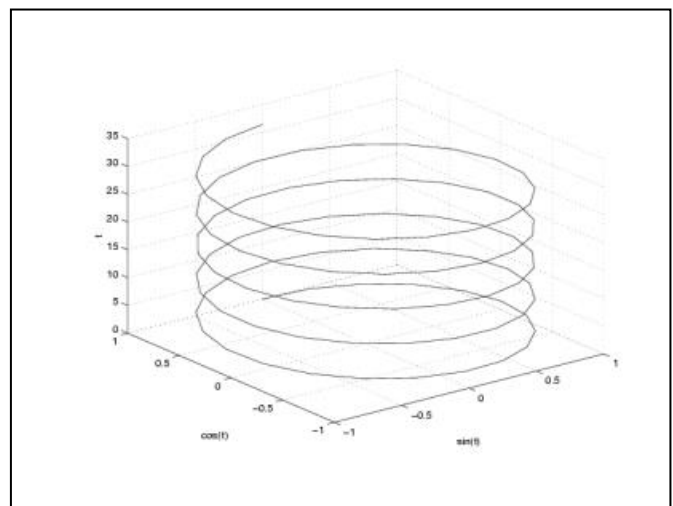
a) ligne dans l'espace: **plot3**

>> t = linspace(0, 10*pi);

>> plot3(sin(t), cos(t), t)

>> xlabel('sin(t)'), ylabel('cos(t)'), zlabel('t')

>> grid on



Conclusion du chapitre :

Dans ce chapitre nous avons introduit à MATLAB en mettant le point sur ses différentes fonctionnalités .

Ce chapitre a été introduit puisque Matlab est l'outil de notre travail.

Nous espérons être aboutis au but de ce chapitre qui en réalité n'est qu'une introduction à ce logiciel.

IV. Réalisation d'une interface graphique par (Gui Matlab) pour circuit RLC :

IV.1.Circuit RLC vue par logiciel Matlab :

Le circuit RLC est l'un des circuits basique, mais ses applications sont plusieurs (filtrages,...), ce qui nous mène à l'étudier pour savoir son comportement pour différentes valeurs de R (résistance), L (inductance) et C (capacité) d'une part, et d'autre part pour les différents types de signaux d'entrées (échelon, sinusoïdal, triangulaire). Matlab nous donne l'opportunité pour construire une interface qui va nous aider à étudier ce circuit et cela par le biais de *GUIDE*.

IV.2. Introduction à la programmation des interfaces graphiques :

Contenu :

- une description succincte des objets graphiques (hiérarchie, identifiant, propriétés)
- une présentation de l'outil *GUIDE* pour le développement des interfaces graphiques
- une évaluation du *GUIDE* par rapport au codage classique "à la main"

IV.2.1. Avant-propos :

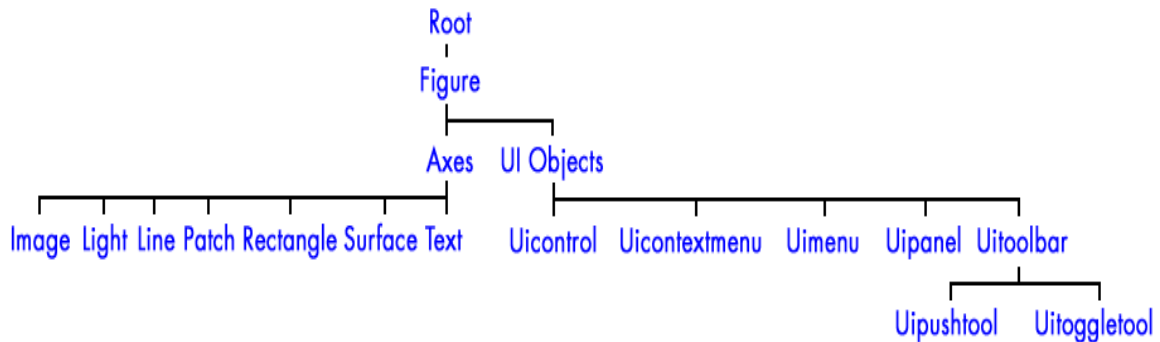
Les **IHM** (Interfaces **H**omme **M**achine), sont appelées **GUI** (Graphical **U**ser **I**nterfaces) dans MATLAB. Elles permettent à l'utilisateur, grâce à des objets graphiques (boutons, menus, cases à cocher, ...) d'interagir avec un programme informatique.

Du fait du nombre important d'objets et surtout du nombre encore plus élevé des paramètres associés, leur programmation "à la main" déroute généralement le débutant. Depuis la version 5.0 (1997), MATLAB possède un outil IDE dédié à la création des interfaces graphiques. Cet outil, appelé *GUIDE* (Graphical **U**ser **I**nterface **D**evelopment **E**nvironment), permet de concevoir intuitivement ces interfaces graphiques.

IV.3. Les objets graphiques et leur fonctionnement :

IV.3.1. Les objets graphiques :

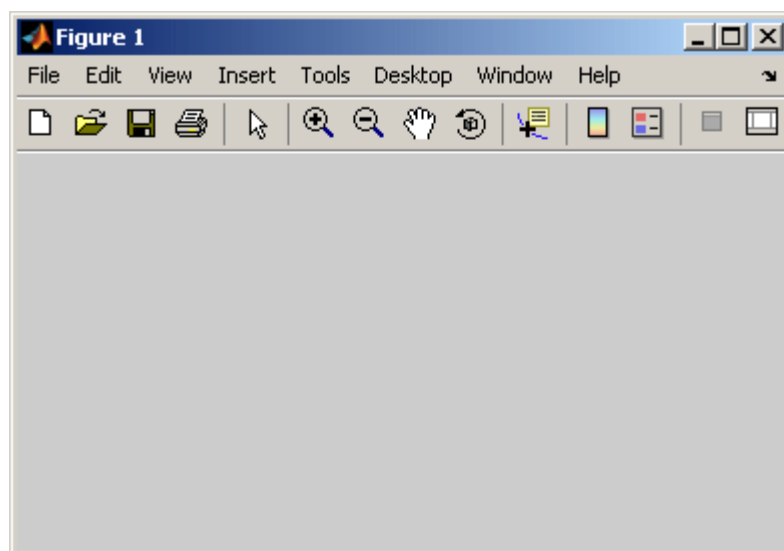
Sous Matlab, les objets graphiques sont disposés selon une hiérarchie pyramidale parent-enfant :



, **Figure IV.1. Hiérarchie pyramidale parent-enfant DES objets graphiques**

Au sommet de la hiérarchie se trouve l'objet **Root**. Cet objet est invisible (on peut se le représenter comme étant l'écran de l'ordinateur). L'utilisateur n'interagit que très rarement avec cet objet.

Ensuite, on trouve les objets de type **Figure**. Ce sont les conteneurs visibles où sont disposés tous les autres objets enfants. Plusieurs objets Figure peuvent être ouverts simultanément et peuvent éventuellement communiquer entre eux.



Viennent ensuite les objets de type **Axes** qui sont les zones de traçage des graphiques (2D ou 3D).

Ces objets ont pour enfants, tous les objets représentant des résultats mathématiques (courbes, surfaces, images, maillages, etc.). Un objet Figure peut contenir plusieurs objets Axes simultanément.

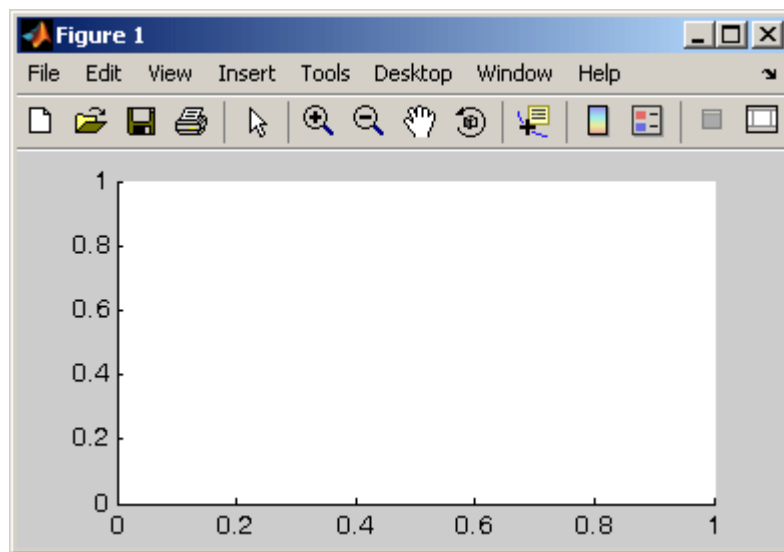


Figure IV.3. Les objets Axes simultanément.

On trouve également au même niveau, les objets **UI** (**U**ser **I**nterface) tels que des boutons, des menus, des cases à cocher, ... Ces objets permettent à l'utilisateur d'interagir dynamiquement à la souris avec le GUI.

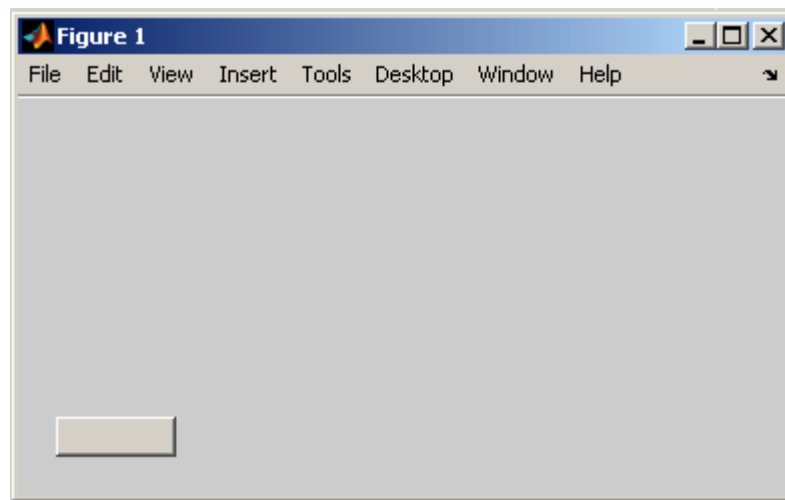


Figure IV.4. Les objets *UI (User Interface)*.

IV.3.2. Les identifiants des objets graphiques :

A la création d'un objet, MATLAB lui attribue automatiquement un identifiant **handle**, sous la forme d'un nombre réel unique qui peut être stocké dans une variable. Ceci permet de retrouver à tout moment un objet graphique au cours du fonctionnement d'une interface. Cet identifiant existe tant que l'objet existe. Dès que l'objet est détruit, cet identifiant disparaît. Par exemple, à la création d'un objet Figure :

Création d'un objet et récupération de son identifiant

```
h=figure
```

```
h = 1
```

L'identifiant est ici un nombre entier (et non pas un réel). C'est un cas particulier, les objets Figure étant par défaut identifiés par des entiers.

Le programmeur gère les identifiants, soit avec la fonction **GUIHANDLES**, soit avec les fonctions **FINDOBJ/FINDALL**.

Quelques identifiants particuliers peuvent être gérés avec les fonctions suivantes :

- GCA qui récupère l'identifiant de l'objet Axes courant
- GCBF qui récupère l'identifiant de l'objet Figure où se trouve l'objet graphique dont l'action est en cours
- GCBO qui récupère l'identifiant de l'objet graphique dont l'action est en cours
- GCF qui récupère l'identifiant de l'objet Figure courant
- GCO qui récupère l'identifiant de l'objet graphique courant

IV.3.3. Les propriétés des objets graphiques :

Chaque objet graphique possède des propriétés (position, couleur, action, etc.) qui sont définies à sa création et qui peuvent être modifiées dynamiquement au cours du fonctionnement du **GUI**. Ces propriétés peuvent être récupérées et modifiées en utilisant l'identifiant de l'objet et les fonctions [GET](#) et [SET](#). La difficulté consiste, bien entendu, à apprendre et à maîtriser ces nombreuses propriétés :

les propriétés de l'objet [Root](#)

les propriétés de l'objet [Figure](#)

les propriétés de l'objet [Axes](#)

les propriétés des objets [Uicontrol](#)

IV.4. Programmation Avec **GUIDE** ou bien en solo :

IV.4.1. Présentation :

Le **GUIDE** est un outil graphique qui regroupe tout ce dont le programmeur a besoin pour créer une interface graphique de façon intuitive.

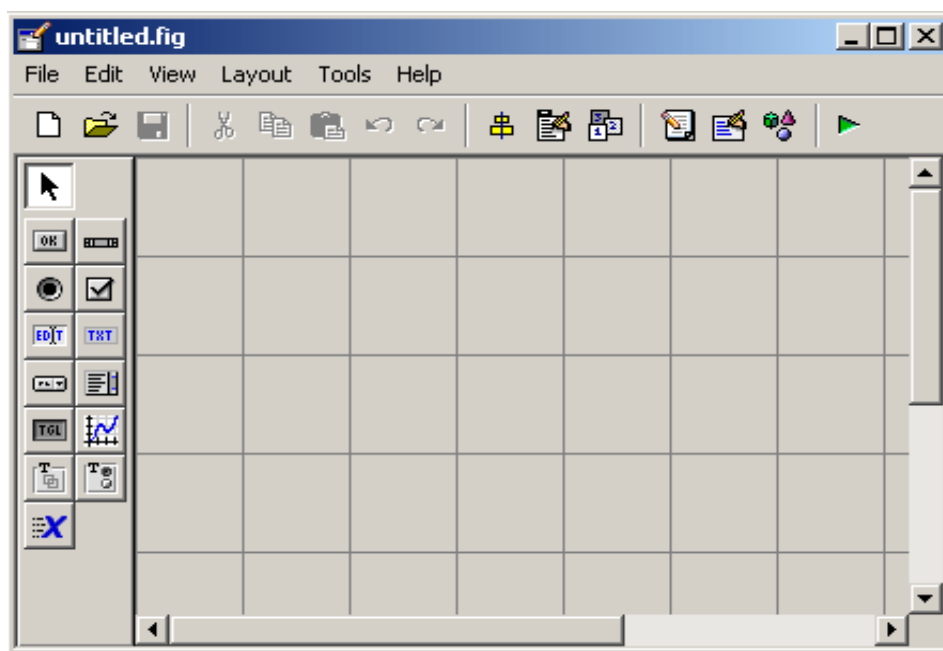


Figure IV.5. Le GUIDE

Le placement des objets est réalisé par sélection dans la boîte à outils, mise en place et mise à dimension à la souris. Un double-clic sur chaque objet permet de faire apparaître un

menu avec les propriétés de cet objet. Leur modification et l'aperçu de ces modifications sont immédiats. Au final, le code est généré automatiquement et l'interface est enregistrée sous deux fichiers portant le même nom mais dont les deux extensions sont *.fig* et *.m*. Le premier contient la définition des objets graphiques. Le second contient les lignes de code qui assurent le fonctionnement de l'interface graphique.

L'utilisation du **GUIDE** semble donc être LA méthode de programmation des *GUI* sous MATLAB. Mais, comparons cette méthode à la programmation des *GUI* "à la main" à l'aide d'un exemple simple.

IV.4.2.Exemple à partir d'un GUI simple :

But :

Comparer la programmation des GUI, à l'aide du **GUIDE** et "à la main". On se propose de créer une interface graphique simple, composée d'une figure contenant un objet Axes et un objet *Uicontrol* de type **Pushbutton**. Lorsque l'on clique sur l'objet Pushbutton, l'objet Axes change de couleur de façon aléatoire.

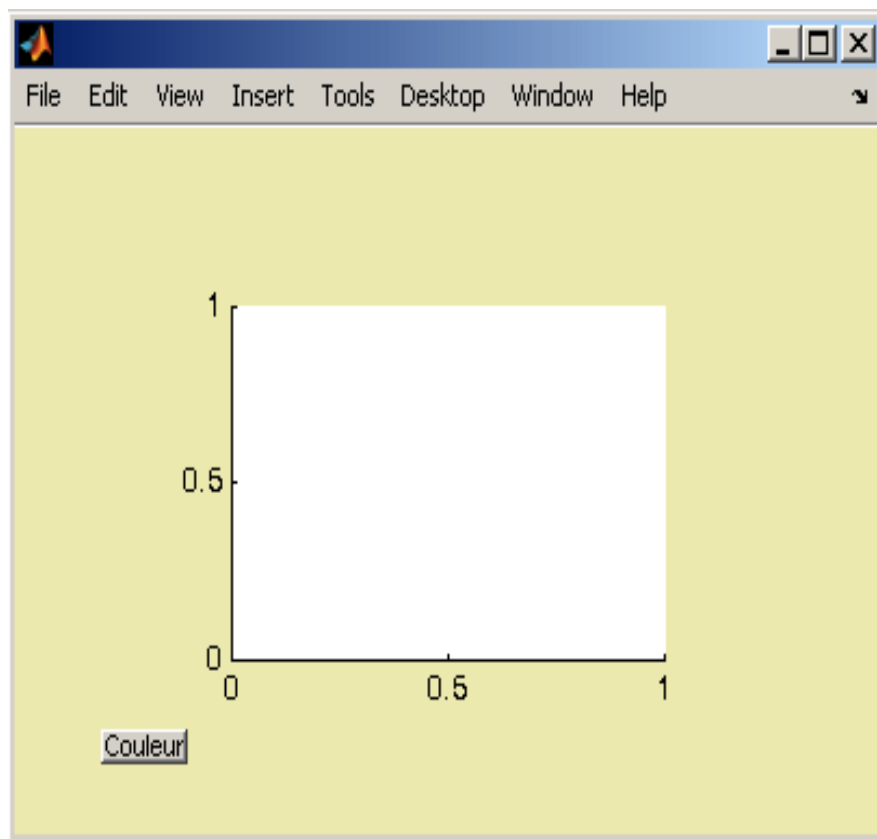


Figure IV.6.Interface graphique simple.

IV.4.2.1 Avec le GUIDE :

Après avoir mis en place tous les objets et ajusté toutes les propriétés, le **GUIDE** génère

Deux fichiers. Un fichier *.fig* (non éditable) contenant les objets graphiques (Figure, Axes et Pushbutton) et un fichier *.m* contenant les lignes de code suivantes :

IV.4.2.1.1. Code généré automatiquement par le GUIDE :

```
function varargout = gui(varargin)
% GUI Application M-file for gui.fig
% FIG = GUI launch gui GUI.
% GUI('callback_name', ...) invoke the named callback.
% Last Modified by GUIDE v2.0 02-May-2007 18:24:02
if nargin == 0 % LAUNCH GUI
fig = openfig(mfilename,'reuse');
% Generate a structure of handles to pass to callbacks, and store it.
handles = guihandles(fig);
guidata(fig, handles);
if nargout > 0
varargout{1} = fig;
end
elseif ischar(varargin{1}) % INVOKE NAMED SUBFUNCTION OR CALLBACK
try
if (nargout)
[varargout{1:nargout}] = feval(varargin{:}); % FEVAL switchyard
else
feval(varargin{:}); % FEVAL switchyard
end
catch
disp(lasterr);
end,
end.
```

De toute évidence, ce code est très difficile à lire et à exploiter même pour un programmeur averti. Son évolution et sa maintenance sont donc également très difficiles (qui plus est sans l'utilisation du **GUIDE**). Mais la principale limitation vient du fait que la programmation des objets graphiques n'apparaît nulle part (fichier .fig crypté).

IV.4.2.1.2. Sans le GUIDE :

La même interface graphique programmée "à la main" peut être écrite dans un seul fichier *.m*:

Code écrit à la main :

```
fonction gui2
% Création de l'objet Figure
Figure('units', 'pixels',
'Position',[250 250 500 500],...
'Color',[0.925 0.913 0.687],...
'Numbertitle','off',
'name','Exemple sans le GUIDE');
% Création de l'objet Axes
axes('units','normalized',...
'position',[0.25 0.25 0.5 0.5]);
% Création de l'objet Uicontrol Pushbutton
Uicontrol('style', 'pushbutton',
'units','normalized',...
'Position',[0.1 0.1 0.1 0.05],...
'String','Couleur',...
'callback','set(gca,"color",rand(1,3));');
```

Ce code est relativement simple et, mis à part les propriétés spécifiques à chaque objet, il est relativement lisible. Un programmeur pourra aisément faire évoluer ce code quelque soit la version de MATLAB utilisée.

IV.5.Construction de l'interface :

En ouvrant Matlab on obtient:

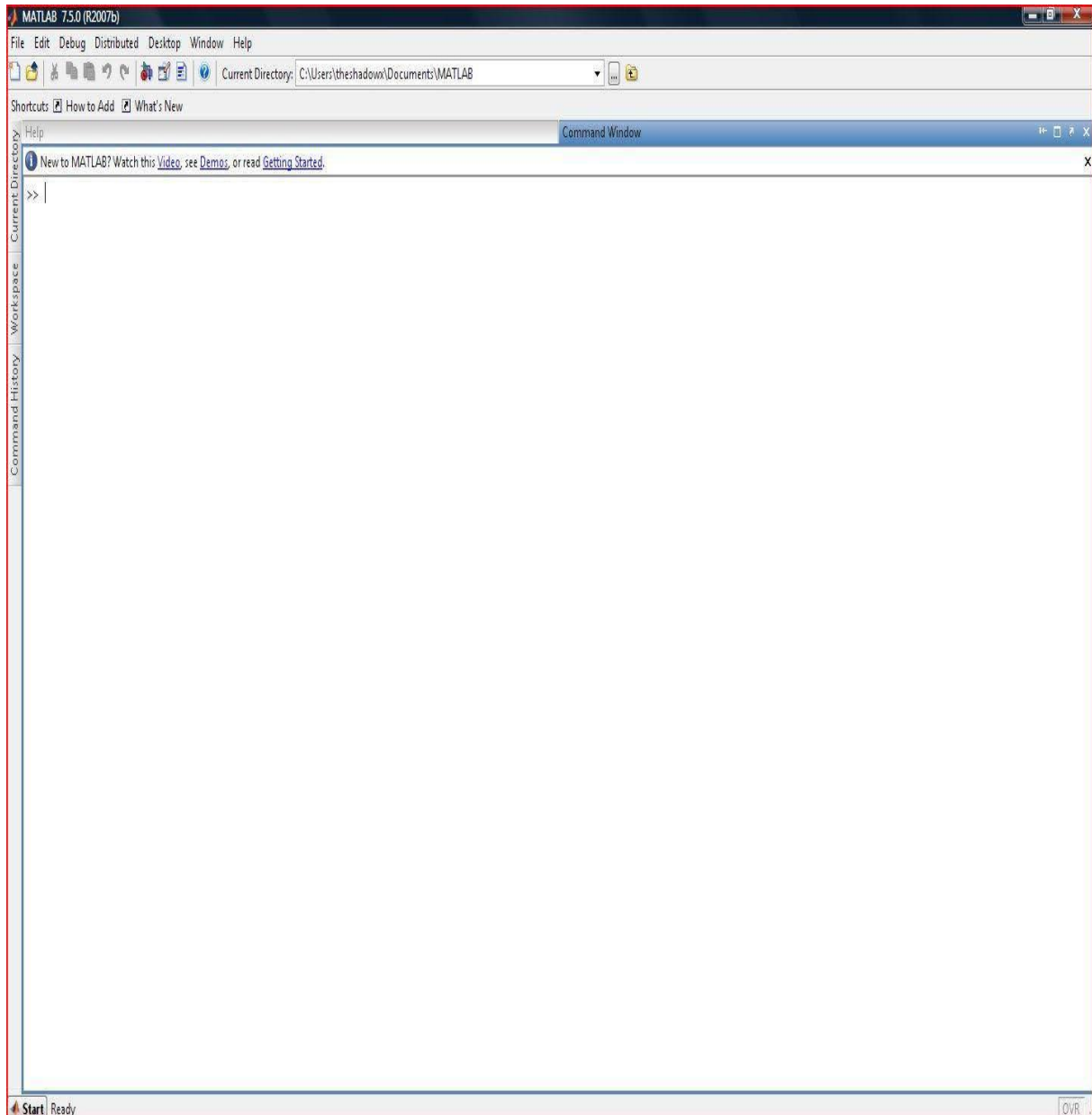


Figure IV.7. Fenêtre de commande Matlab

Dans la fenêtre de commande on écrit:

`>> Guide`

Cela va afficher une fenêtre :

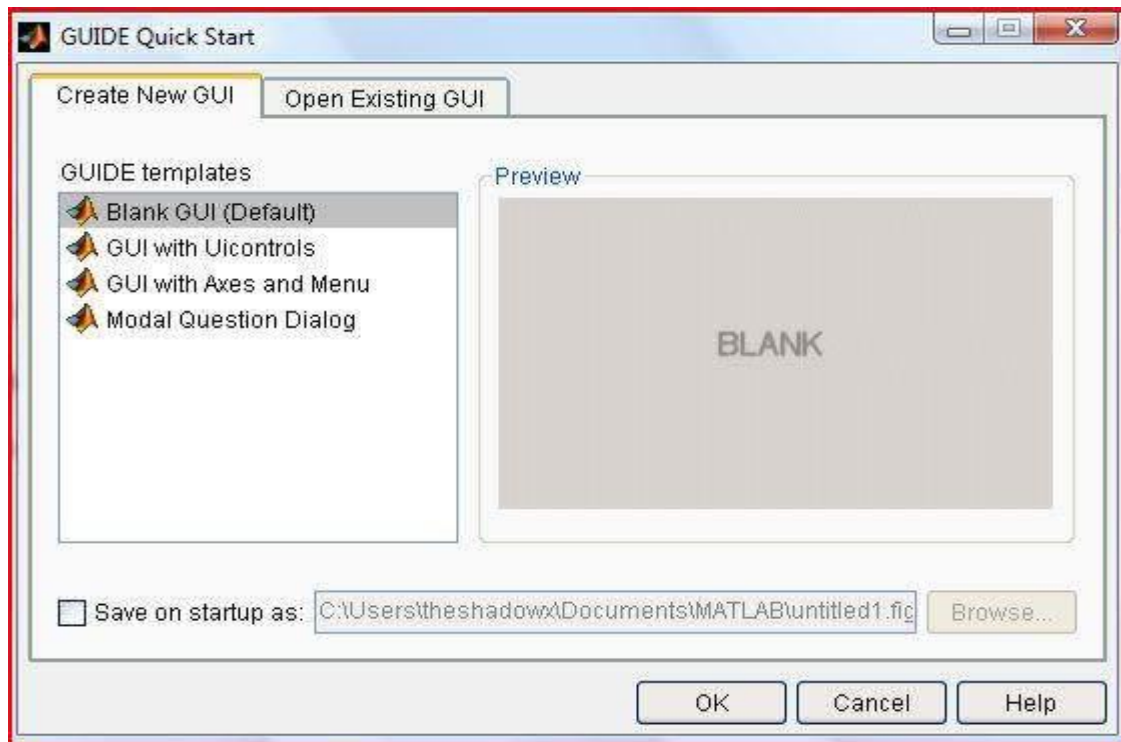


Figure IV.8. Guide quick Start

On choisit la première option « *Blank GUI* » et on click sur « *OK* » Ce qui nous va ramener à la fenêtre suivantes:

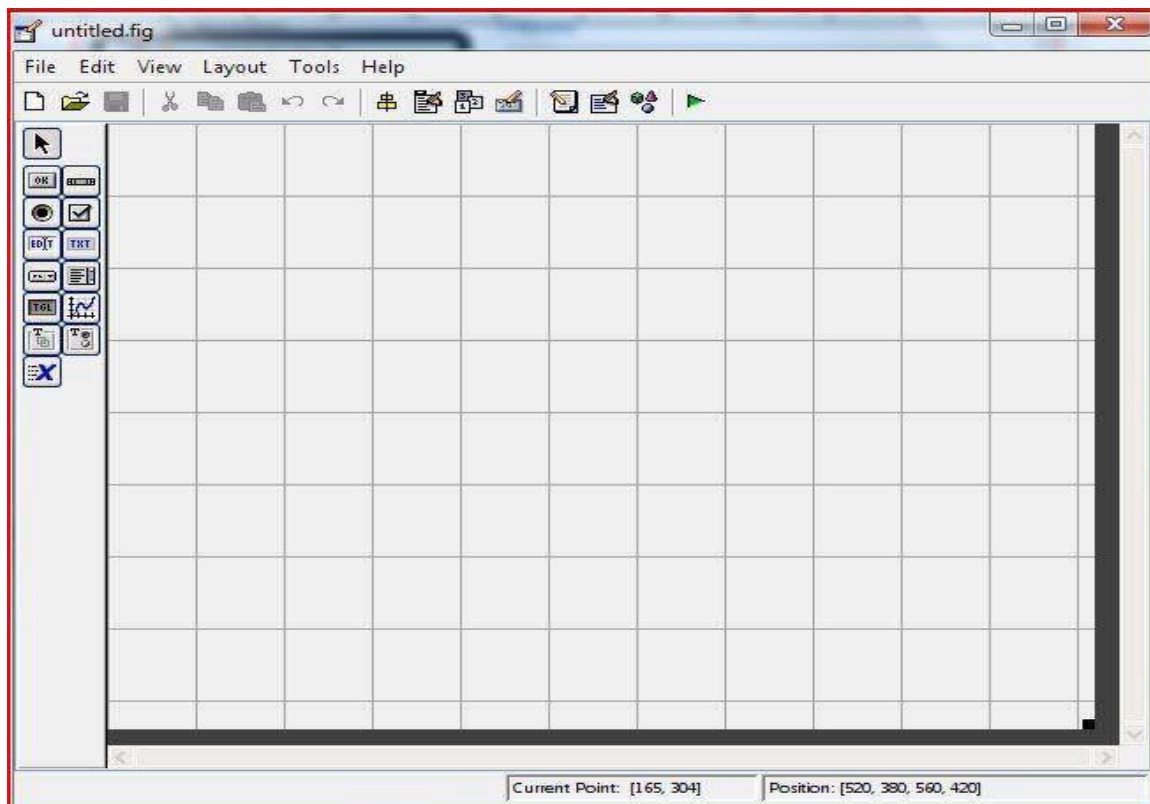


Figure IV.9. Page de Travail Guide

Pour que l'interface soit grande, il faut tout d'abord agrandir la fenêtre. Après on va vers le coin mentionné et on l'attire jusqu'à l'extrême

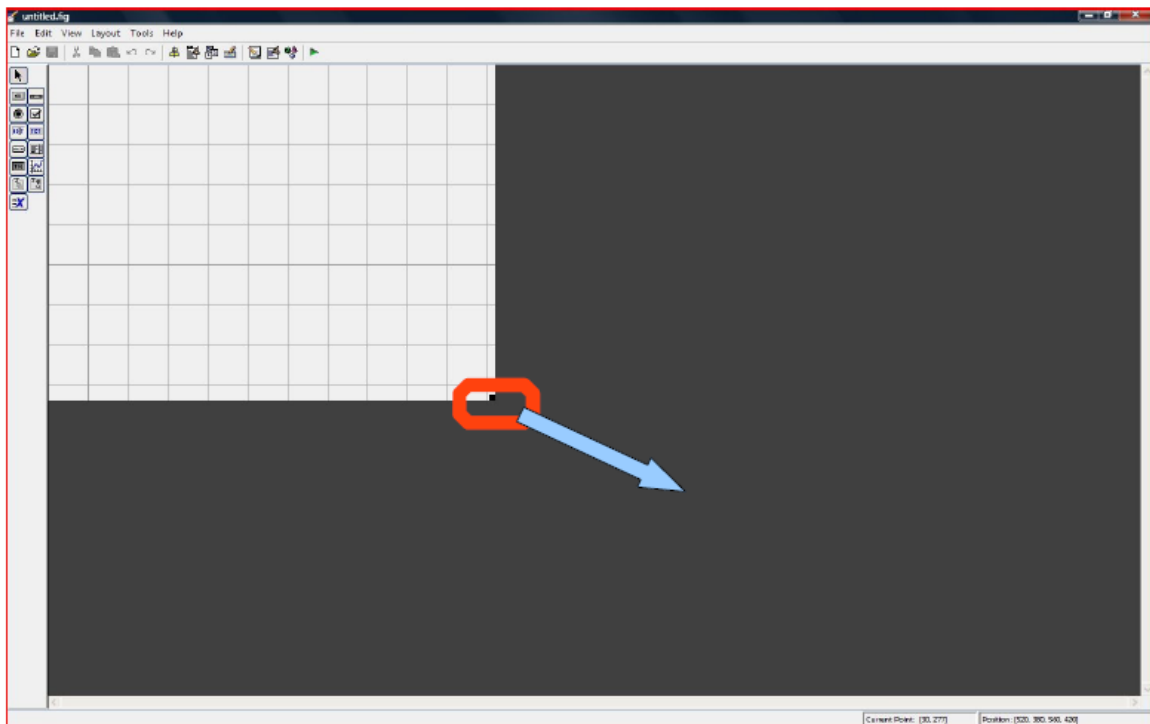


Figure IV.10. Agrandir la fenêtre.

Pour obtenir ça:

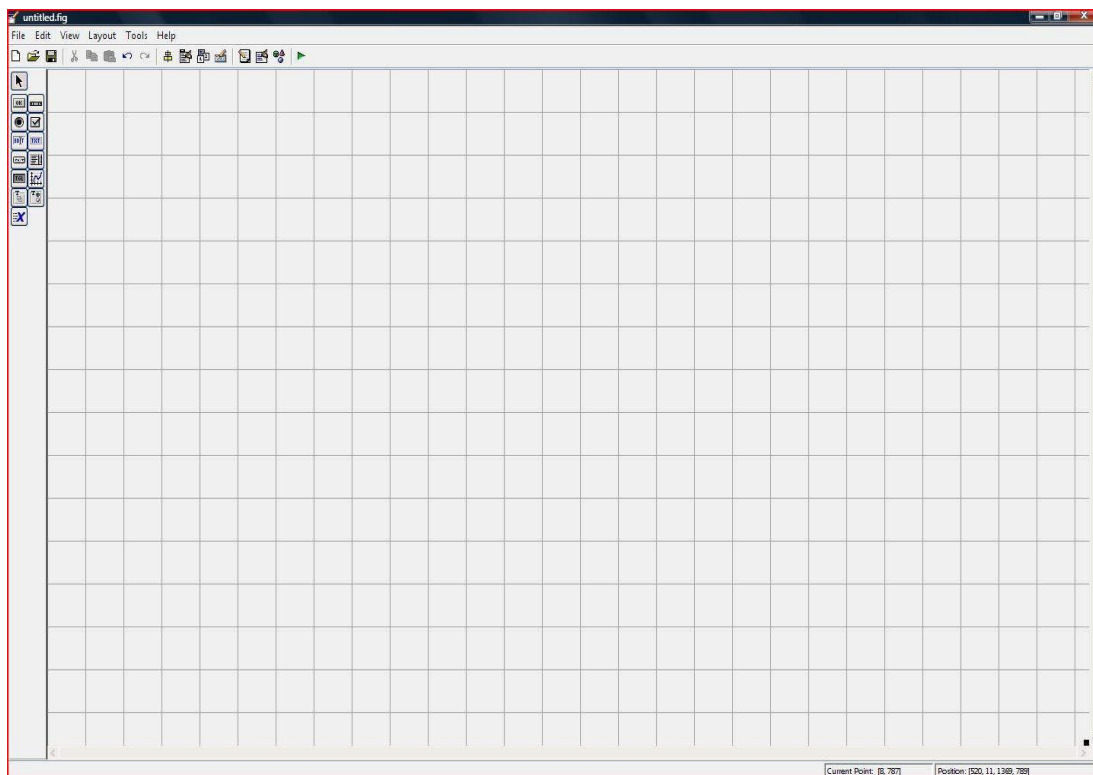


Figure IV.11. Fenêtre de l'interface.

Pour ce qui concerne notre interface, on a besoin des graphes. On clic sur l'icône mentionnée:

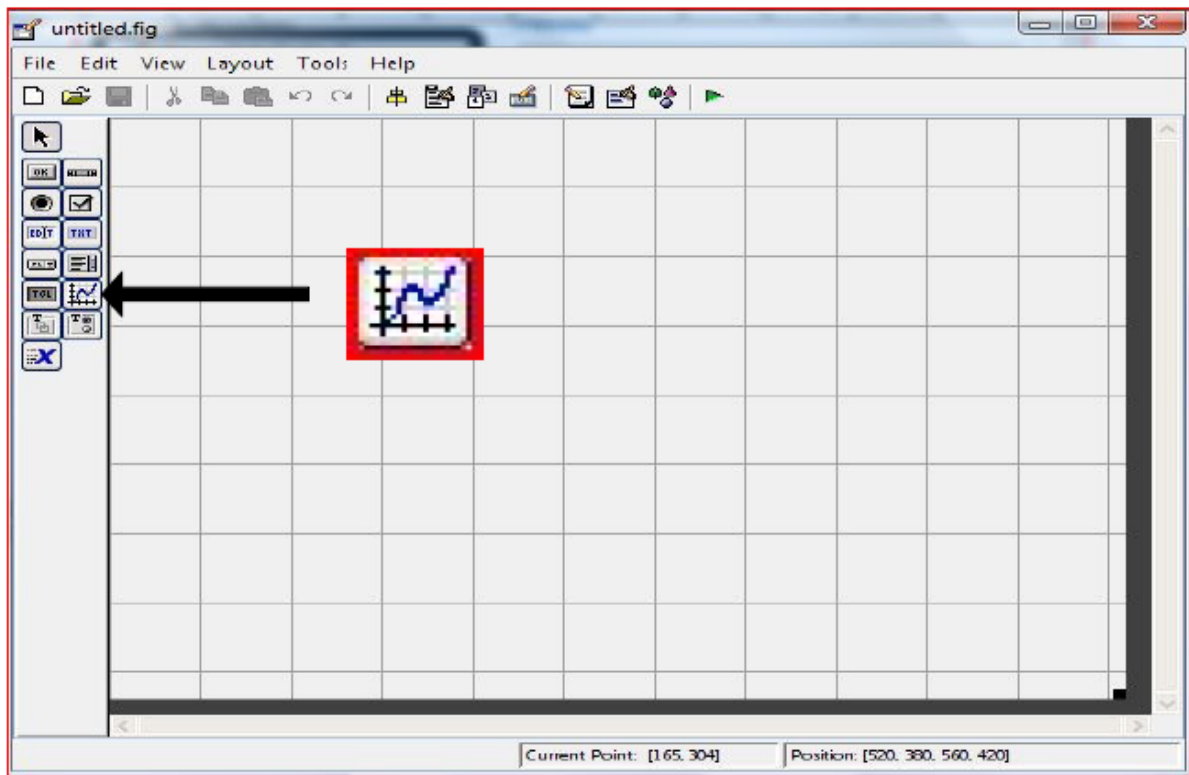


Figure IV.12. Les icônes axes pour les graphes.

et on dimensionne nos graphes :

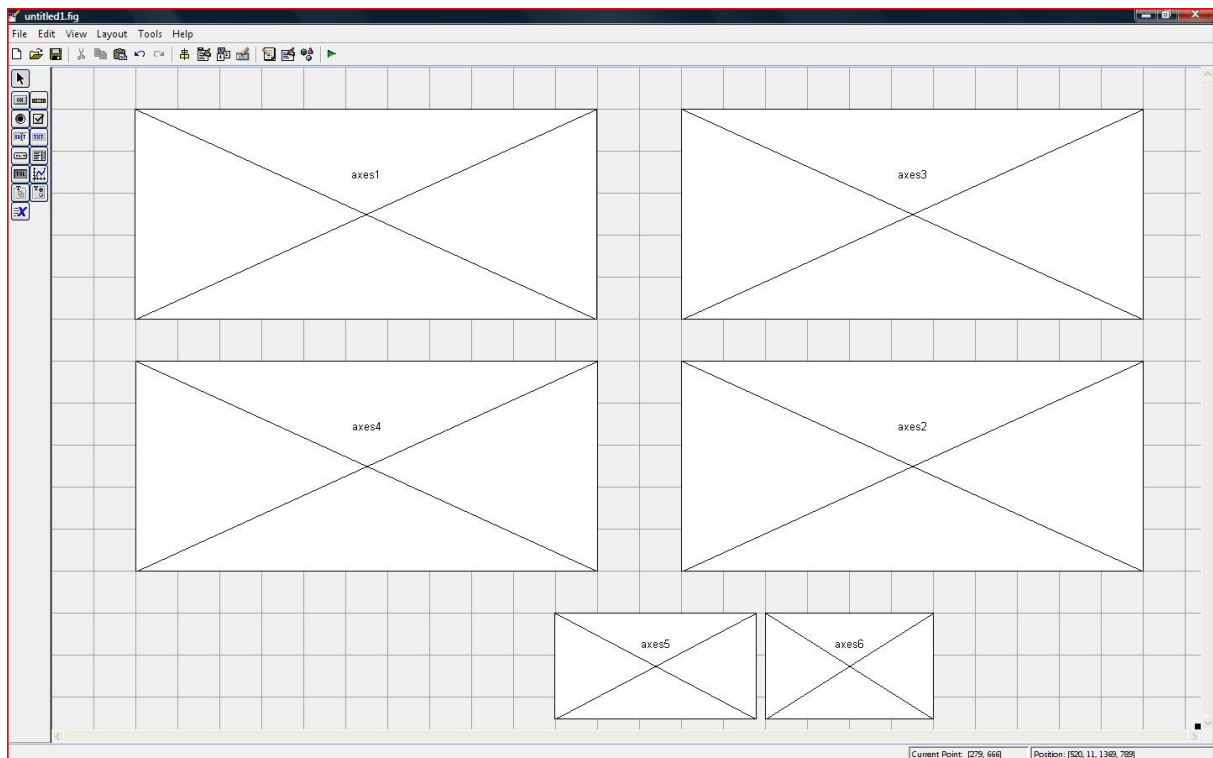


Figure IV.13. Le graphe dimensionné.

Après on a besoin des 'sliders' pour faire changer les valeurs de R L et C.

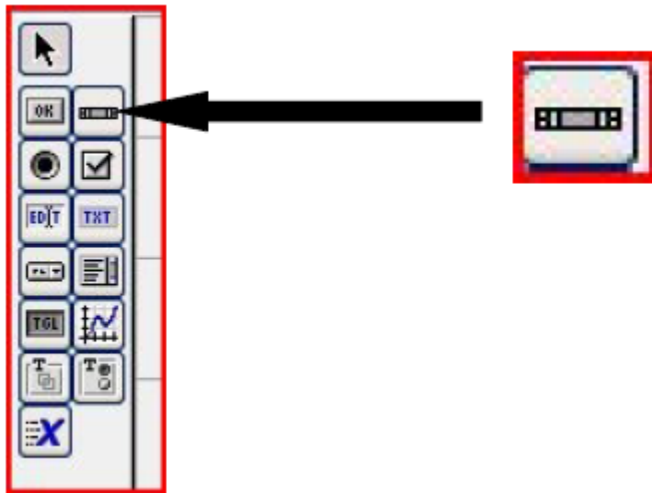


Figure IV.14. Les' icône sliders

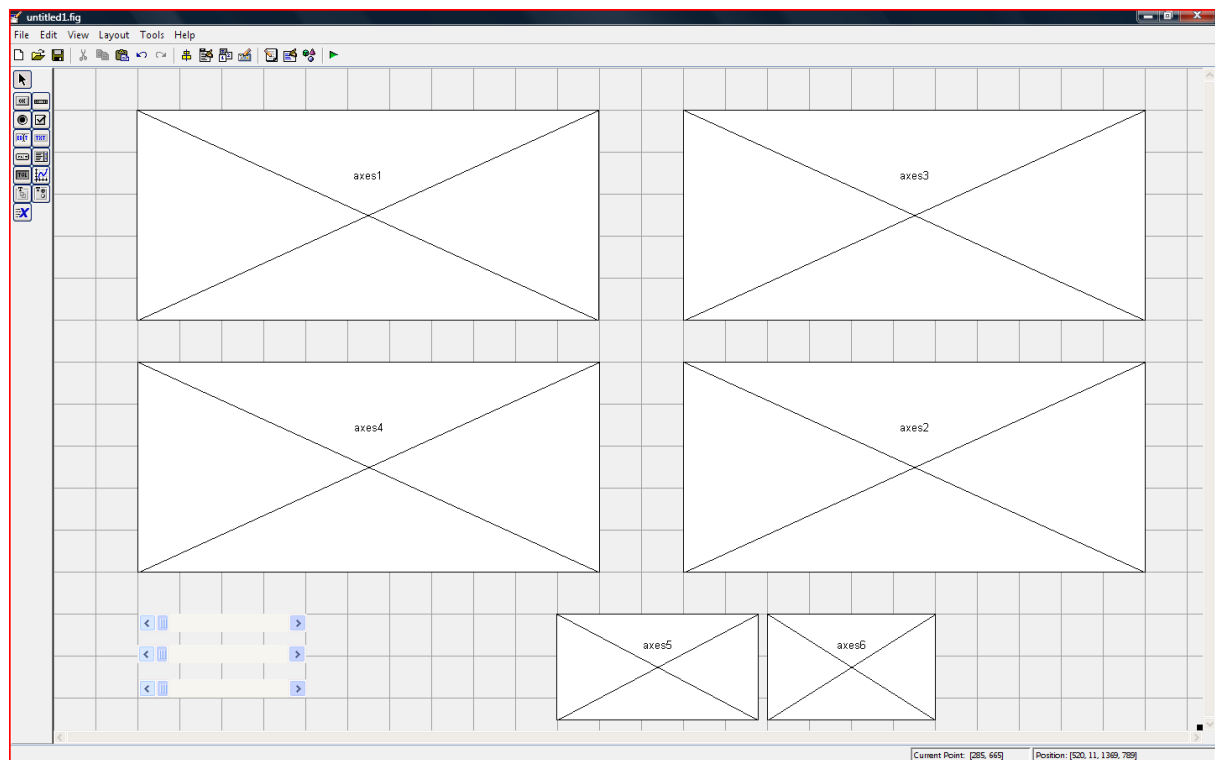


Figure IV.15. Fenêtre sliders et axes

Après on a besoin des '*Edit texte*' pour faire changer les valeurs de R L et C ainsi pour l'affichage de fonction de circuit

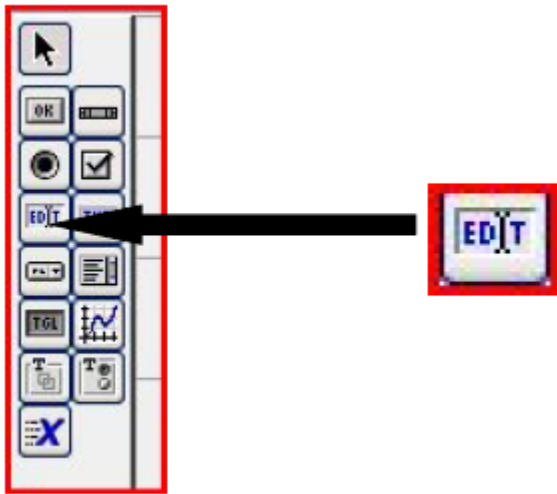


Figure IV.16. Les' icône édit

Remarque :

On utilise l'élément '*Sliders*' ou bien Edit texte pour change ou affiche les valeurs R , L ou C. On ajoute les bars à choix '*popupmenu*' pour les unités et le type du signal d'entrée

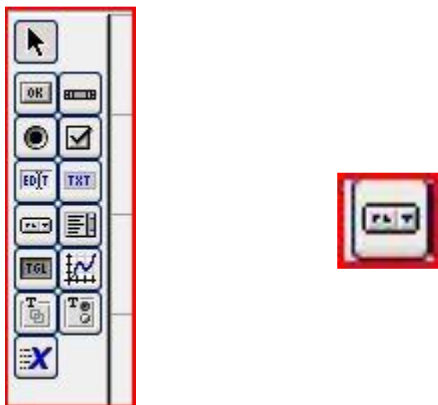


Figure IV.17. Les icônes popupmenu

Remarque :

On utilise l'élément '*popupmenu*' ou bien '*Push bouton*' pour change les entrée (Impulsion, Echelon et sinusoïdales.

Pour donner les noms à chaque objet on utilise '*static texte*'

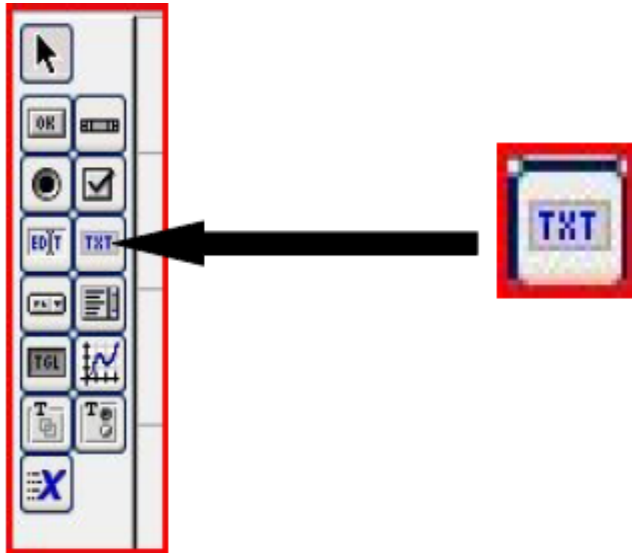


Figure IV.18. Les icônes de statique (*static text*)

On donne à chaque groupe une catégorie en utilisant '*panel*'

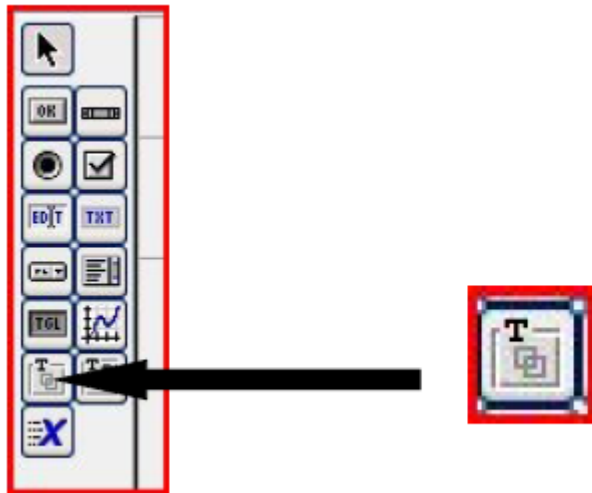


Figure IV.19. Les icônes de *panel*.

Remarque:

Quand on fait *panel* sur le graphe, ce dernier disparaît. Pour l'afficher on sélectionne le *panel* et avec un clic droit on choisit '*send to back*'. Maintenant, il faut changer les propriétés de chaque chose.

On commence par les graphes: Pour réduire l'utilisation de la mémoire au démarrage de l'interface on va configurer les graphes à ce qu'ils ne soient pas visibles. On « clic » deux fois sur le graphe en question.

On cherche l'option 'visible' et on met 'off' au lieu de 'on'

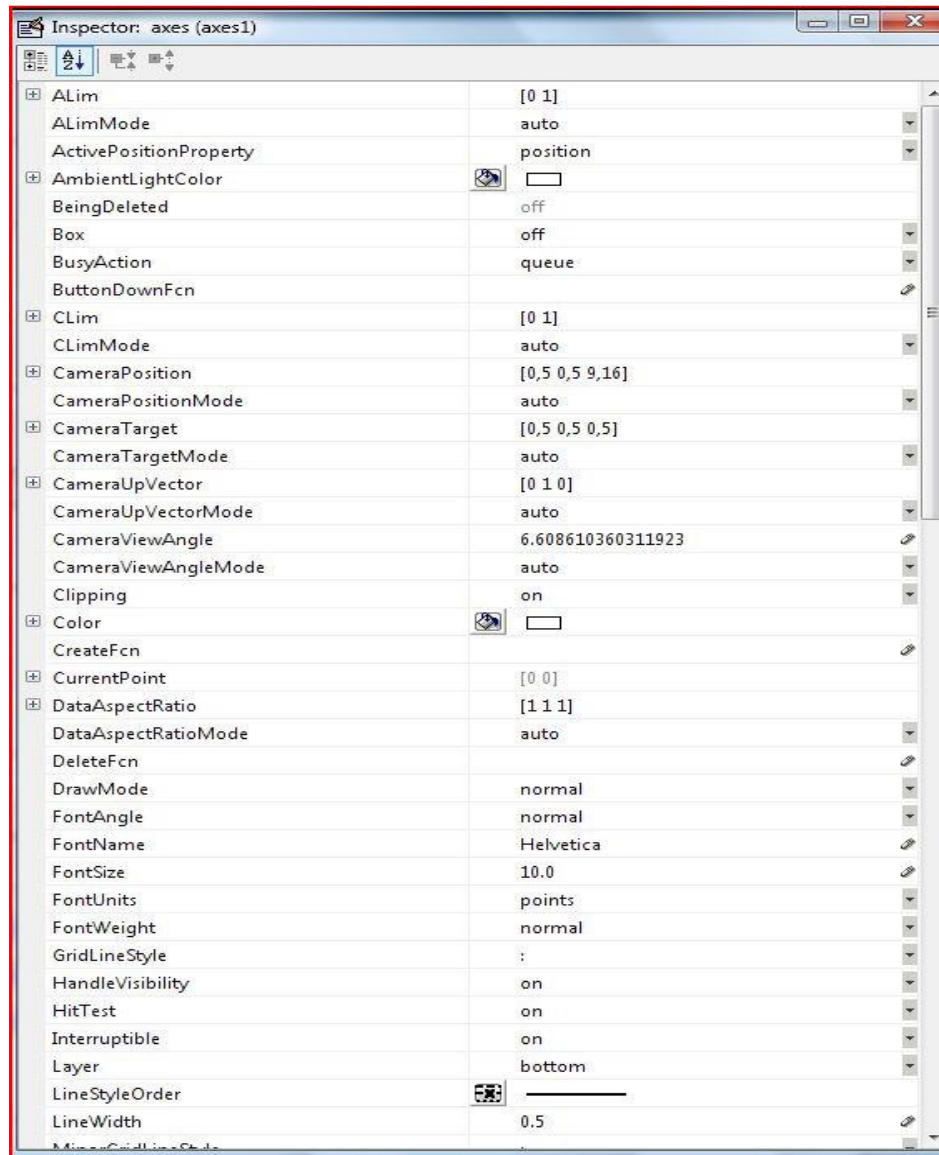


Figure IV.20. Tableau des propriétés des icônes.

Pour afficher les noms dans 'static text', de même on « clic » deux fois sur l'objet et on va au 'String' et la bas on met le nom adéquat.

Pour donner les noms à afficher dans le 'pushbutton ' On « clic » deux fois sur l'objet et dans la case 'String' on met la liste.

Pour ce qui concerne 'édit text' on peut donner nous même les valeurs initiales que l'interface va démarrer avec.

Pour changer les couleurs : On « clic » deux fois sur l'objet et dans la case '*color*' on choisit la couleur qu'on veut.

Les sliders il faut définir la valeur max et min et le pas et la valeur initial qu'elle doit être comprise entre min et max .

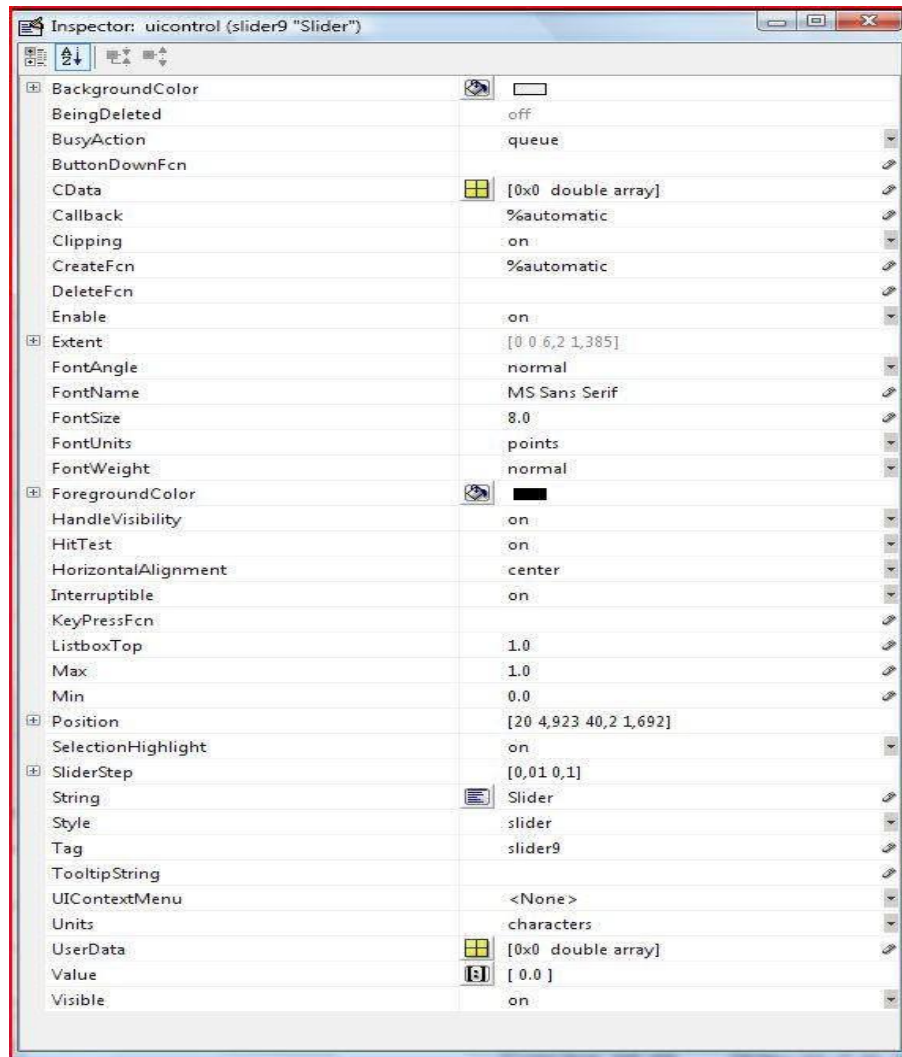


Figure IV.21 .Charger les valeurs initiales

Maintenant qu'on a finit avec la forme graphique on passe au codage mais avant tout il faut sauvegarder. Après le programme va générer un fichier qui portera le même nom mais avec une autre extension '.m' alors que la figure est sauvegardée sous '.fig'.

```

61 % UIWAIT makes SSSH.HH wait for user response (see UIRESUME)
62 % uiwait(handles.figure1);
63
64
65 % --- Outputs from this function are returned to the command line.
66 function varargout = SSSH.HH_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
67 % varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
68 % hObject handle to figure
69 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
70 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
71
72 % Get default command line output from handles structure
73 varargout{1} = handles.output;
74
75
76 % --- Executes on slider movement.
77 function slider1_Callback(hObject, eventdata, handles)
78 % hObject handle to slider1 (see GCBO)
79 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
80 % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
81
82 % Hints: get(hObject,'Value') returns position of slider
83 % get(hObject,'Min') and get(hObject,'Max') to determine range of slider
84
85
86 % --- Executes during object creation, after setting all properties.
87 function slider1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
88 % hObject handle to slider1 (see GCBO)
89 % eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
90 % handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
91
92 % Hint: slider controls usually have a light gray background.
93 if isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
94 set(hObject,'BackgroundColor',[.9 .9 .9]);
95 end
  
```

Figure IV.22. programme principale . m

Dans le fichier créé on trouvera les fonctions « *Callback* » de chaque objet .Leurs rôle est qu'à chaque modification qu'on fait il y a une réaction de la part de la fonction qui génère une action.

Par Exemple on fait bouger le slider est les graphes changent à chaque fois que je mette un poussoir dans une nouvelle position.

Pour ce qui nous concerne voici comment notre codage fonctionne dans l'ensemble:

IV.5.1.Fichier principal:



untitled.m

IV.5.2.Schéma RLC:



port.m



wire.m



resistor.m



inductor.m



capacitor.m



rlc_serie.m

IV.5.3.Diagramme temporel Diagramme de Bode :



draggingFcn.m



rtslider.m



graphe_temporel.m



Dragslider



sinnus.m



executable.m



stopDragFcn.m



startDragFcn.m



Input_signal

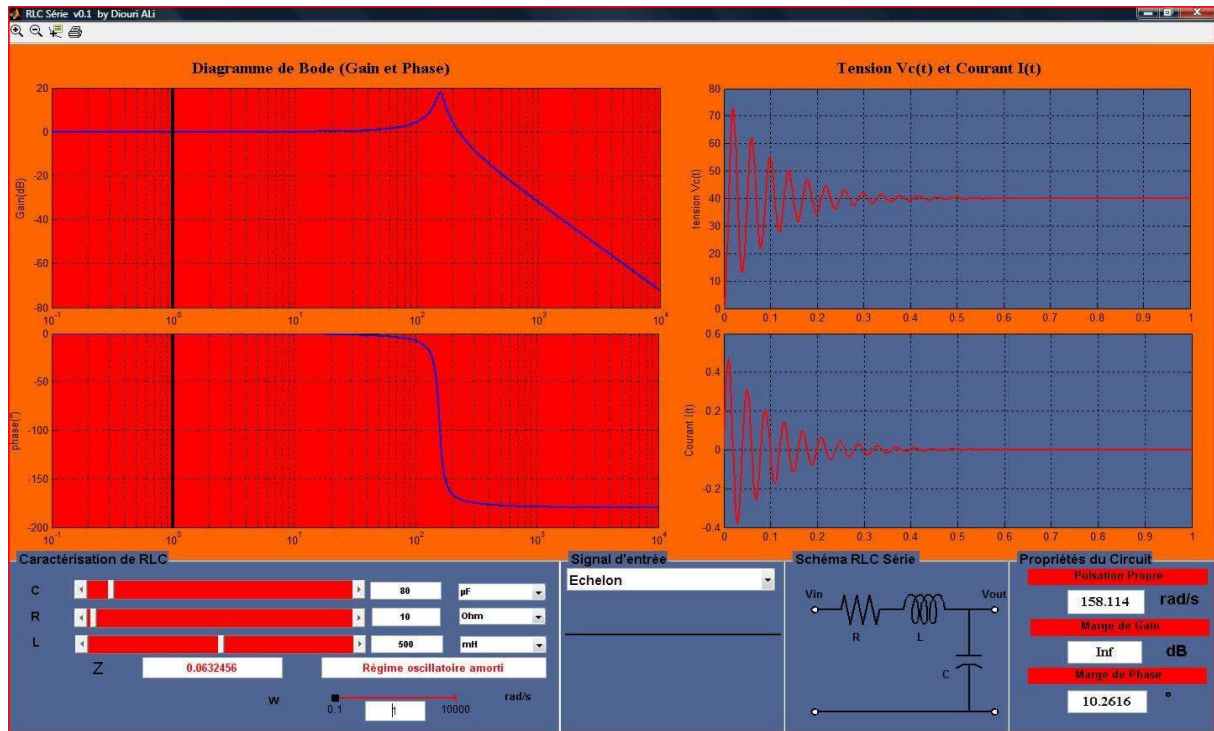
Vous trouverez des commentaires dans chaque fichier de codage.

IV.5.4.Exemple d'une interface construite :

Voila la forme et la conception de l'interface en générale

Diagramme de Bode

Digramme temporel



Caractérisation
du circuit

Signal d'entrée

Propriétés du
circuit

Figure IV.23.Interface finale.

IV.5.4.1.Caractérisation des circuits RLC :



Figure IV.24. Caractérisation des circuits RLC.

Ce champ contient :

Le curseur de Pulsation propre.

Le Coefficient d'amortissement du système.

Le Type de régime établi.

Pour modifier les valeurs de R,L et C on peut soit ; utiliser les sliders ;soit donner les valeurs dans les champs adéquats. D'autre part on peut changer l'unité des composants.

Pour ce qui concerne les valeurs de R, L et C

$$1 < C < 999$$

$$1 < R < 999$$

$$1 < L < 999$$

IV.5.4.2.Signal d'entrée :

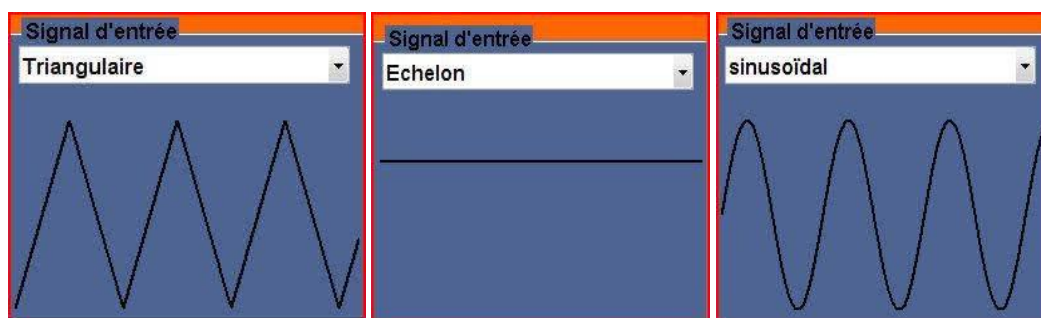


Figure IV.25. Signal d'entrée.

Comme on le remarque, il y a 3 types de signaux : Échelon, Triangulaire, Sinusoïdal.

IV.5.4.3. Propriétés du circuit :



Figure IV.26. Propriétés du circuit.

Ce champ donne les propriétés du circuit en montrant

- . La pulsation propre ou de coupure,
- . La marge de gain (elle est toujours infinie car on a un circuit de 2ème ordre)
- . La marge de phase

Remarque :

Durant la manipulation ne faites pas varier R L et C trop vite, à chaque variation attendez que tous les graphes soient établis. Car sinon tout va se bloquer. Nous sommes désolés pour cet inconvénient.

IV.6.SIMULATION DES CIRCUITS RLC :

IV.6.1.Introduction à l'interface de dialogue :

Pour ne pas répéter à chaque fois, l'ouverture des fichiers de chaque interface représentative d'une combinaison quelconque de circuit RLC, on a créé une petite interface comme un menu de commande des sept interfaces. Cette interface lancée avec un « clic » sur le Bouton poussoir le fichier 'nom de fichier'.m correspondre à ce Bouton ce lui qui comprend tous les *callback* des éléments trouvés dans l'interface.

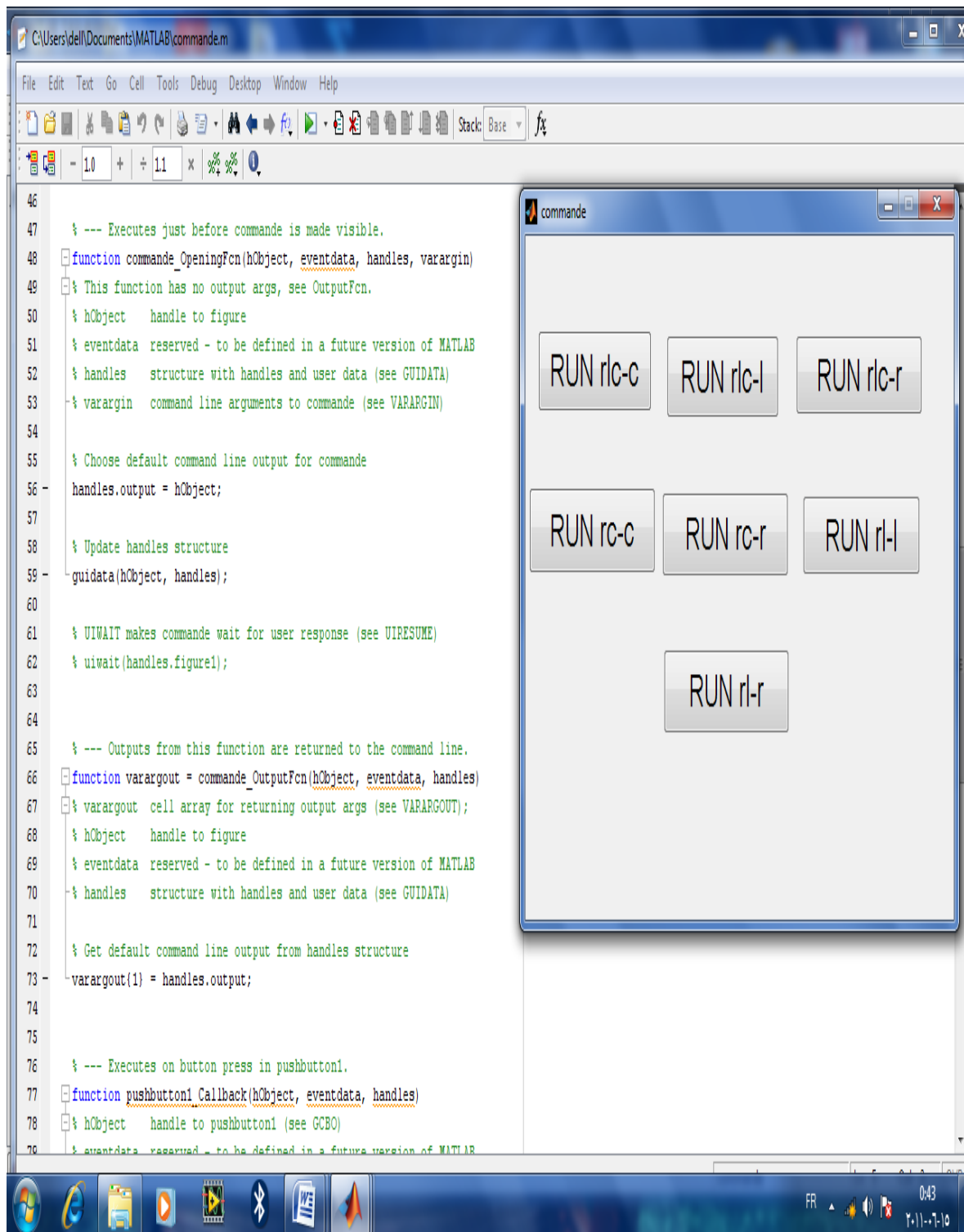


Figure IV.27. Signal d'entrée.

IV.6.2-circuit RLC sortie aux bornes de condensateur :

On « clic » sur le Bouton *RUN* RLC-C on obtient :

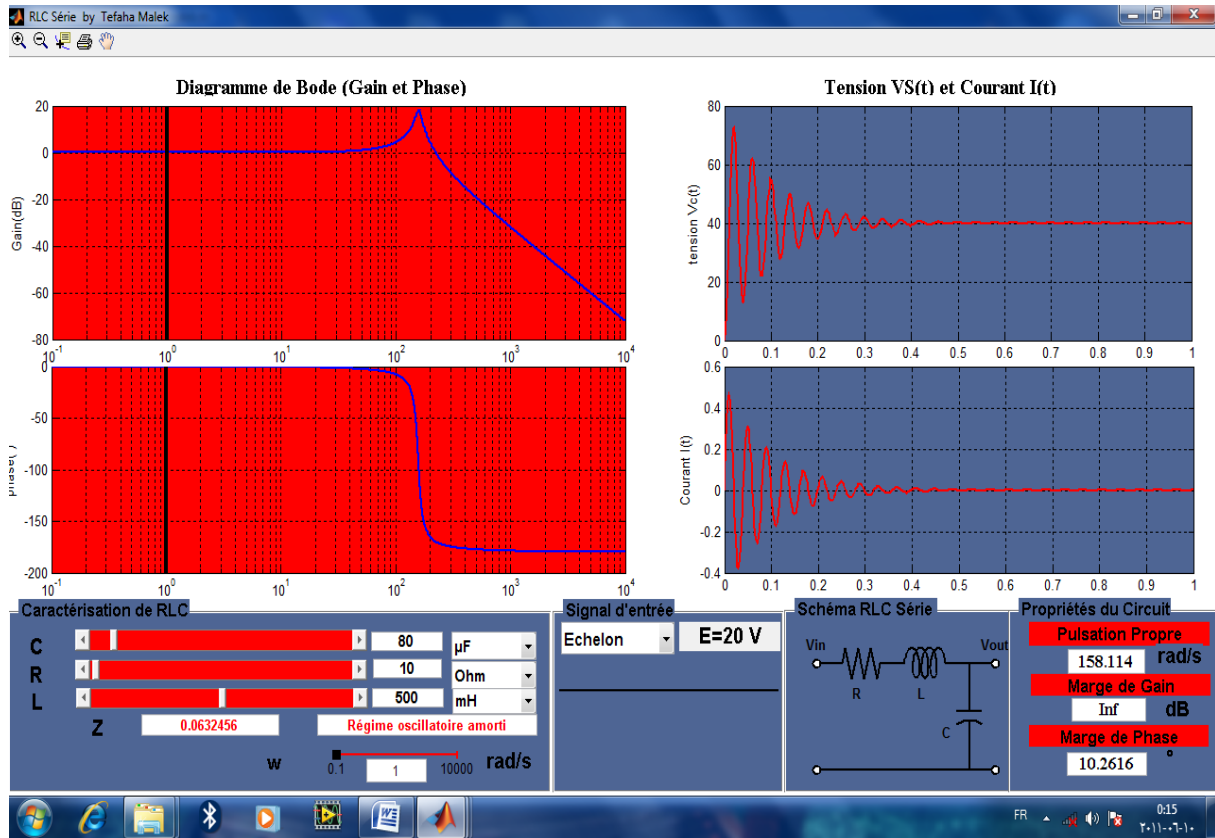


Figure IV.27. Circuit RLC série la sortie aux bornes du condensateur.

Interprétation:

a. Réponse temporelle :

Pour l'entrée échelon nous faisons varier la valeur de la résistance R. Lorsque R augmente les oscillations sont plus rapidement amorties et le coefficient d'amortissement

$\xi = R / 2 \sqrt{\frac{C}{L}}$ augmente ; qui provoque des diminutions des oscillations et on remarque que $U_c(t)$ tend bien vers l'entrée. Ce qui nous impose un régime aperiodique et régime pseudo-périodique, alors que les autres valeurs impliquent un régime amorti.

Nous obtenons un régime pseudo-périodique, la décharge est oscillante : il y a transfert d'énergie du condensateur vers la bobine, une partie de l'énergie est dissipée par effet Joule au niveau de la résistance R. L'énergie totale (E condensateur + E bobine) diminue au cours du temps.

b. Réponse fréquentielle :

On peut remarquer que les fréquences faibles ne sont pas atténuées alors qu'au dessus de la fréquence de coupure il y a une grande atténuation : c'est un filtre passe bas, rien d'étonnant pour un condensateur.

D'autre part la phase décroît de 180° . On constate que c'est un système du second ordre

IV.6.3. Circuit RLC série la sortie aux bornes de la bobine :

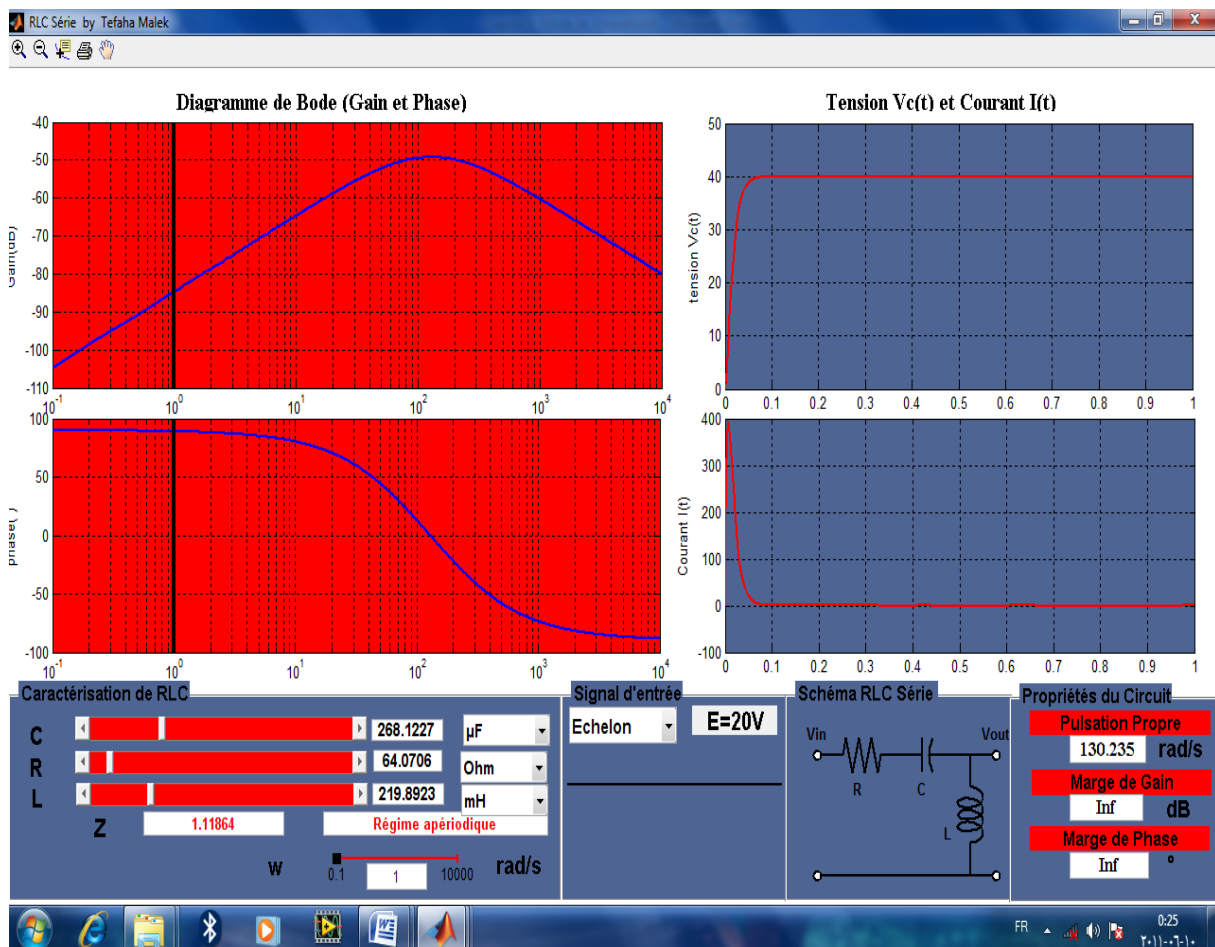


Figure IV.28. Circuit RLC série la sortie aux bornes de la bobine.

Interprétation:

a. Réponse temporelle.

Pour l'entrée échelon nous faisons varier la valeur de la résistance R, lorsque R augmente les oscillations sont plus rapidement amorties. On remarque que $U_L(t)$ tend bien vers l'entrée. Nous obtenons un régime apériodique : il y a transfert d'énergie du condensateur vers la

bobine mais la résistance du circuit est telle que toute l'énergie est dissipée par effet Joule.

b. Réponse fréquentielle :

Le module de $v_L(\omega)$ est différent : on remarque que les fréquences au dessous de la fréquence de coupure sont fortement atténuées : c'est un filtre passe haut, ce qui est normal pour ce circuit avec une inductance.

La phase quant à elle est déphasée de 180° , c'est un système du second ordre.

IV.6.4. Circuit RLC Série la Sortie aux bornes de la Résistance:

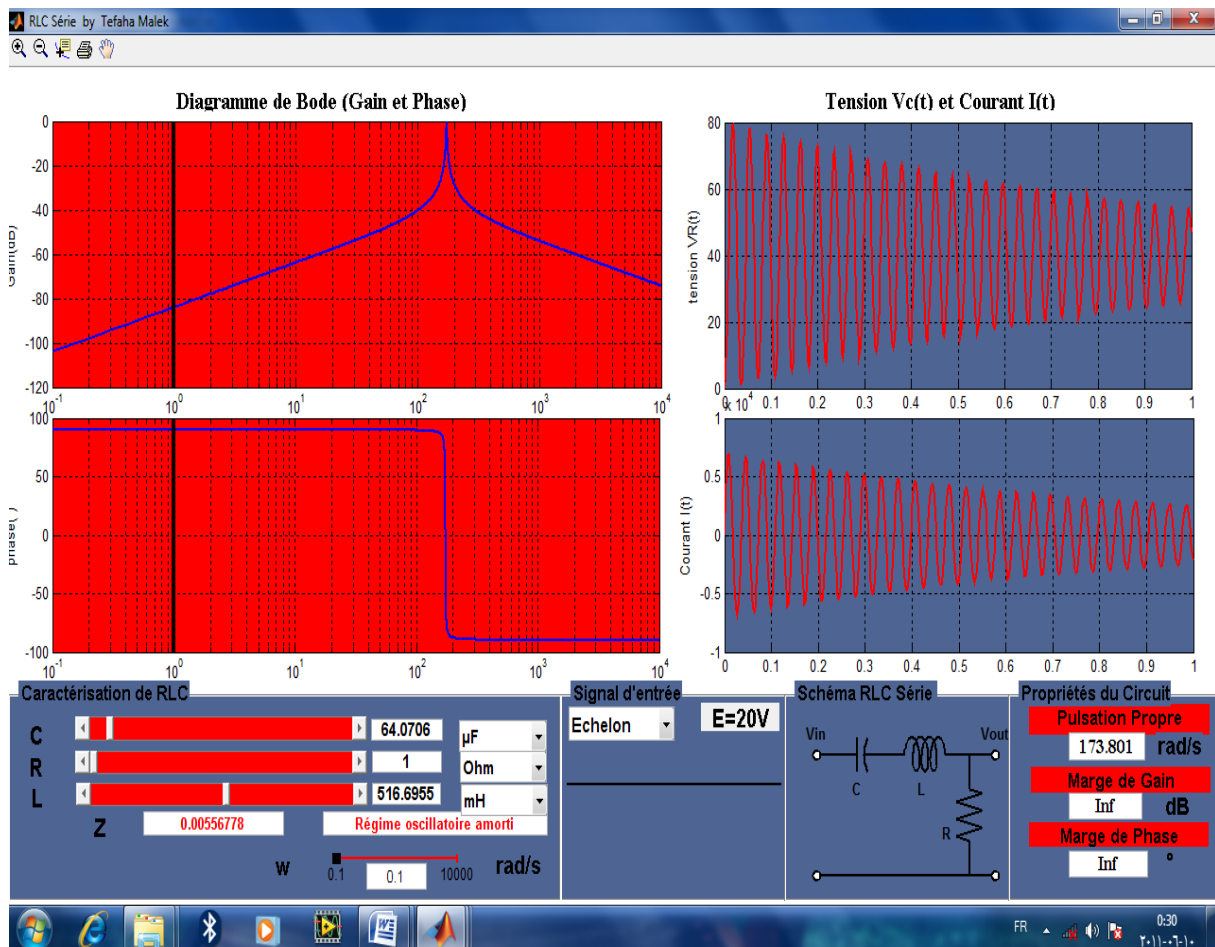


Figure IV.29. Circuit RLC série la sortie aux bornes de la résistance.

Interprétation:

a. Réponse.

On fixe à présent l'entrée étant un échelon, on fait varier la valeur de la résistance R .

Pour les courbes de $U_r(t)$ on peut noter tout d'abord que l'amplitude augmente de plus en plus si la résistance diminue. On obtient un régime oscillons.

b. Réponse fréquentielle :

On remarque que le module de sortie aux bornes de la résistance, élimine les fréquences au dessus et au dessous d'une petite bande entourant la fréquence de coupure : c'est un filtre passe-bande. A la fréquence de coupure, la phase n'est pas modifiée (0°).

IV.6.5. Circuit RC Série la Sortie aux bornes du condensateur. :

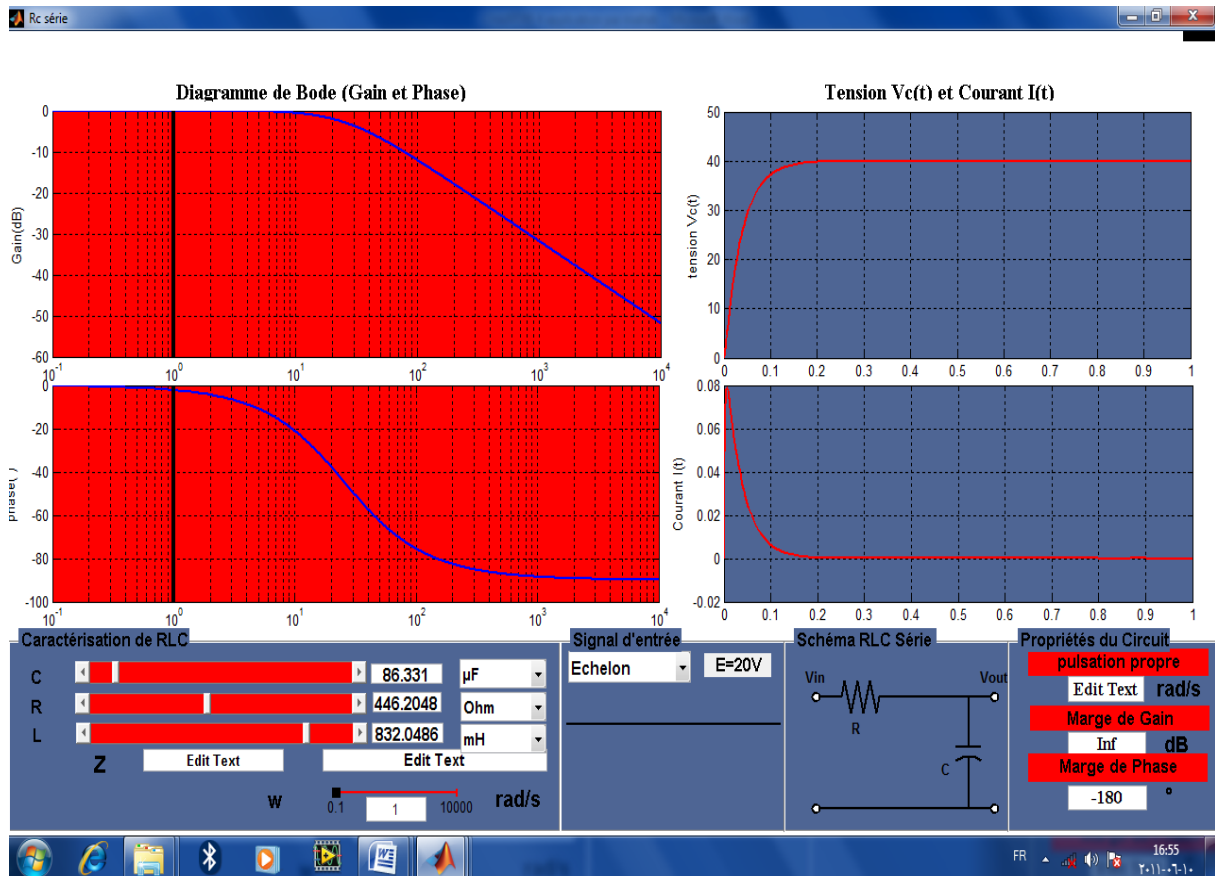


Figure IV.30. Circuit RC Série la Sortie aux bornes du condensateur.

Interprétation:

a. Réponse temporelle pour entrée échelon

Dans ce cas, le condensateur se charge et la tension $u(t) = E (1 - e^{-t/RC})$ à ses bornes tend vers V, tandis que celle aux bornes de la résistance tend vers 0.

Le circuit RC possède une constante de temps généralement notée $\tau = RC$, représentant le temps que prend la tension pour effectuer 63 % ($1 - e^{-1}$) de la variation nécessaire pour passer de sa valeur initiale à sa valeur finale.

b. Réponse fréquentielle:

Lorsque la sortie du circuit est prise sur le condensateur le comportement est du type filtre passe bas : les hautes fréquences sont atténuées et les basses fréquences sont passantes.

Une analyse fréquentielle du circuit permet de déterminer quelles fréquences le filtre rejette ou accepte. Pour les basses fréquences, un module proche de la valeur un et une phase proche de la valeur zéro. Plus la fréquence augmente, plus son module diminue pour tendre vers zéro et sa phase tend vers $-\pi/2$.

IV.6.6. Circuit RC Série la Sortie aux bornes de la résistance:

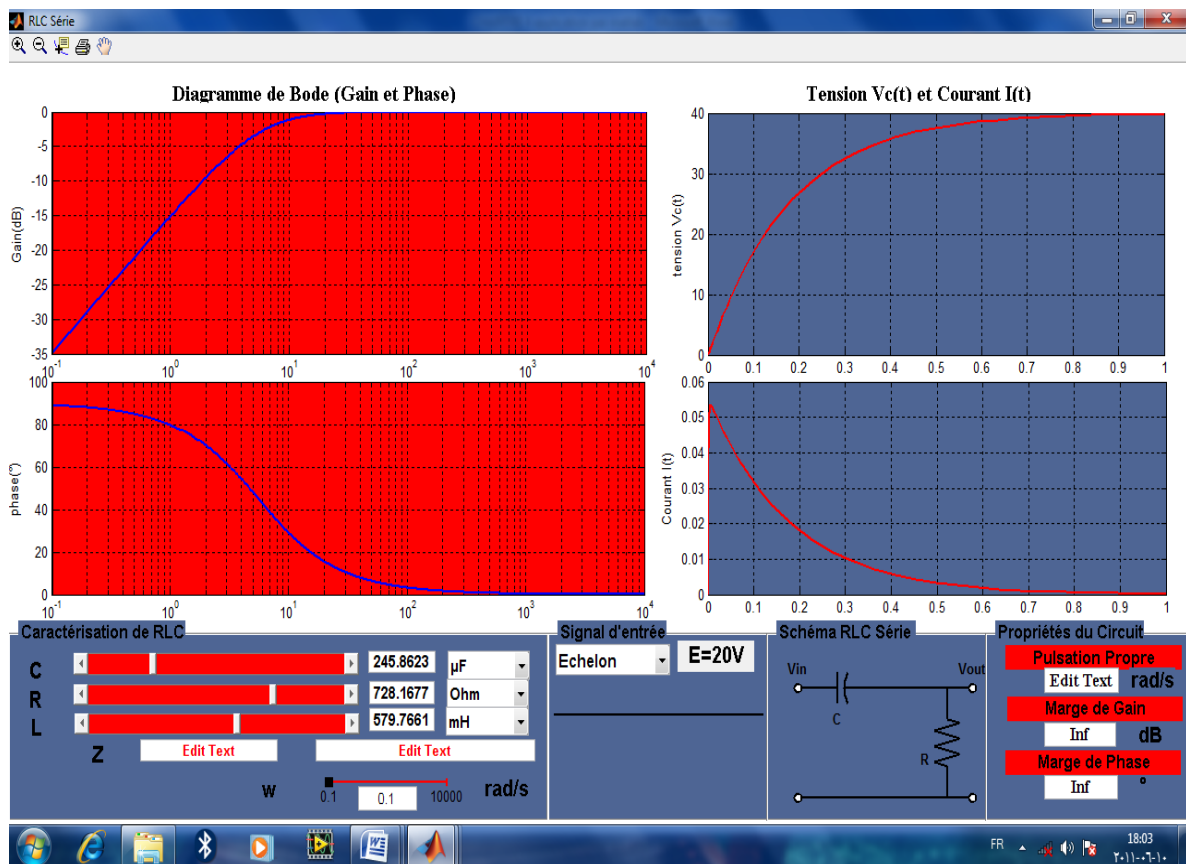


Figure IV.31. Circuit RC Série la Sortie aux bornes de la résistance.

Interprétation:

a. Réponse temporelle pour entrée échelon

Ainsi dans ce cas, le condensateur se charge et la tension $u(t) = E (1 - e^{-t/RC})$ est à ses bornes tend vers V. après il va se décharge et fournir cette tension à la résistance.

Le circuit RC, à se moment présente un filtre passe haut. $\tau=RC$, représentant le temps que prend la tension pour effectuer 63 % ($1 - e^{-1}$) de la variation nécessaire pour passer de sa valeur initiale à sa valeur finale.

b. Réponse fréquentielle :

Lorsque la sortie du circuit est prise sur la résistance le comportement est du type filtre passe haut : les hautes fréquences sont passantes, c'est le contraire du circuit précédent. Une analyse fréquentielle du circuit permet de déterminer quelles fréquences le filtre rejette ou accepte. Pour les hautes fréquences, une marge de gain et de phase infinie.

IV.6.7. Circuit RL série sortie aux bornes de la bobine :

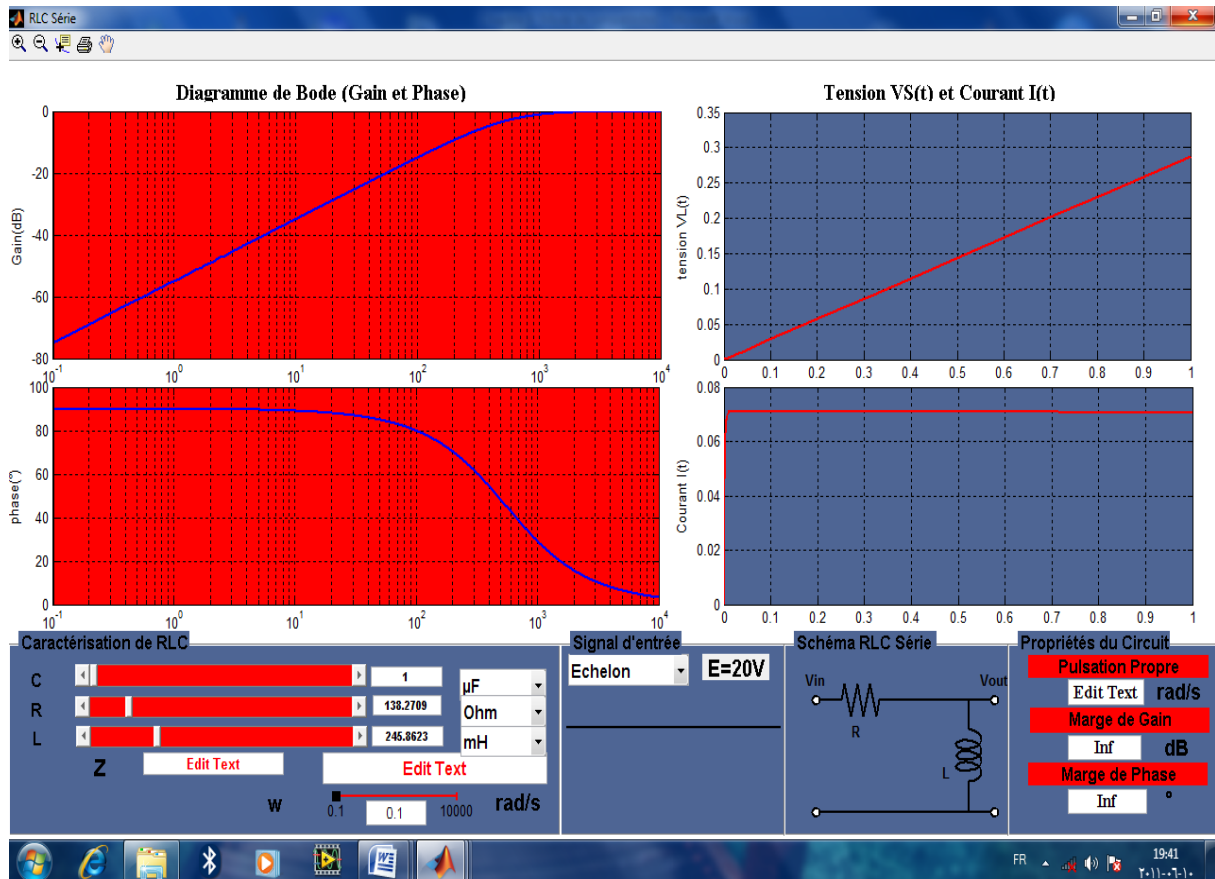


Figure IV.31. Circuit RL Série la Sortie aux bornes de la bobine.

Interprétation:

a. Réponse temporelle pour entrée échelon

Le courant $I(t) = E/R (1 - e^{-R/L t})$ au départ est donc très petit et croît progressivement selon une loi exponentielle, la constante de temps du circuit vaut $\tau = L / R$, représentant le temps que prend le courant pour effectuer 63 %, $I(t) = E/R (1 - e^{-1})$ de la variation nécessaire pour passer de sa valeur initiale à sa valeur finale.

b. Réponse fréquentielle :

Lorsque la sortie du circuit est prise sur la bobine le comportement est du type filtre passe bas : les hautes fréquences sont atténuées et les basses fréquences sont passantes.

Une analyse fréquentielle du circuit permet de déterminer quelles fréquences le filtre rejette ou accepte. Pour les basses fréquences, un module proche de un et une phase proche de zéro. Plus la fréquence augmente, plus son module diminue pour tendre vers zéro et sa phase de $-\pi/2$.

IV.6.8.Circuit RL série sortie aux bornes de la résistance:

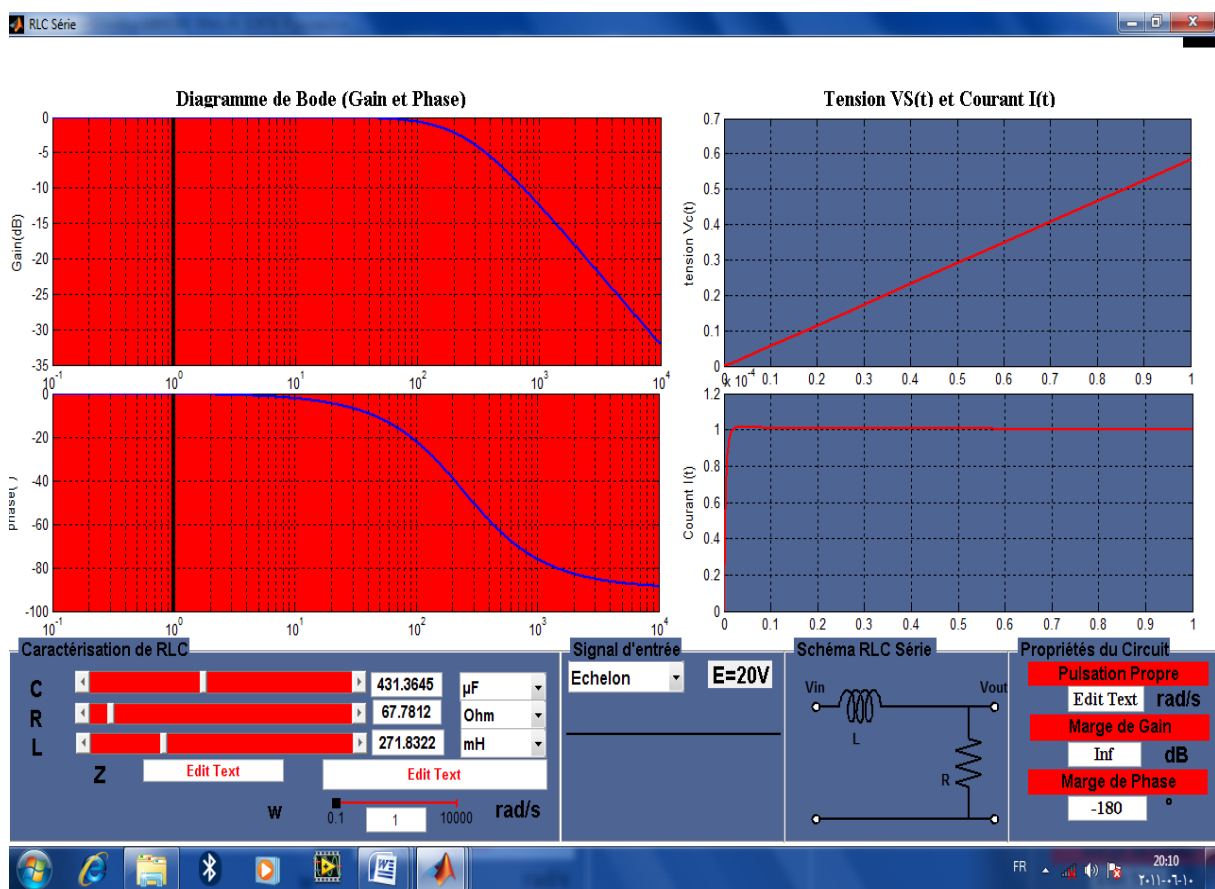


Figure IV.31. Circuit RL série sortie aux bornes de la résistance.

Interprétation:

a. Réponse temporelle pour entrée échelon

Le courant au départ est donc très petit et croît progressivement. et la constante de temps du circuit et vaut $\tau = L / R$. représentant le temps que prend le courant pour effectuer 63 %,

$I(t) = E/R (1 - e^{-L/R t})$ de la variation nécessaire pour passer de sa valeur initiale à sa valeur finale.

b. Réponse fréquentielle

Lorsque la sortie du circuit est prise sur la résistance le comportement est du type filtre passe bas : les hautes fréquences sont atténuées et les basses fréquences sont passantes.

Une analyse fréquentielle du circuit permet de déterminer quelles fréquences le filtre rejette ou accepte. Pour les basses fréquences, un module proche de la valeur un et une phase proche de zéro. Plus la fréquence augmente, plus son module diminue pour tendre vers zéro et sa phase de $-\pi / 2$.