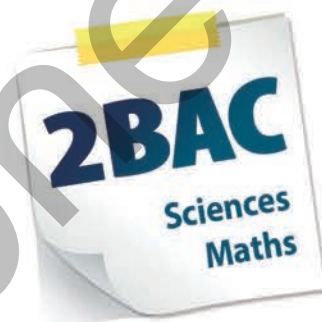


# ETINCELLE PHYSIQUE



Auteurs

**Driss FAZAZI**

Inspecteur principal du second cycle  
de physique-chimie

**Mohammed EL HEDDARI**

Ex-inspecteur principal du second cycle  
de physique-chimie

# Sommaire...

Physique	
Constantes physiques fondamentales.....	05
Alphabet grecque.....	06
► <b>Partie 1 : Les ondes</b>	
<b>CHAPITRE 1 : Ondes mécaniques progressives.....</b>	<b>07</b>
Activité 1 : Les différents types d'ondes.....	08
Activité 2 : Vitesse de propagation d'une onde.....	10
Activité 3 : Propriétés de propagation des ondes sonores.....	12
Activité 4 : Superposition de petits signaux.....	16
L'essentiel du cours.....	18
Exercices d'application.....	19
<b>CHAPITRE 2 : Ondes mécaniques progressives périodiques.....</b>	<b>23</b>
Activité 1 : Propagation des ondes sonores.....	24
Activité 2 : Principe de fonctionnement d'un sonar.....	26
Activité 3 : Dispersion des ondes.....	28
Activité 4 : Diffraction des ondes à la surface de l'eau.....	32
Activité 5 : Diffraction des ondes ultrasonores.....	34
L'essentiel du cours.....	36
Exercices d'application.....	37
<b>CHAPITRE 3 : Ondes lumineuses.....</b>	<b>43</b>
Activité 1 : Diffraction des ondes lumineuses.....	44
Activité 2 : Facteurs influençant sur le phénomène de diffraction.....	48
L'essentiel du cours.....	52
Exercices d'application.....	53
► <b>Partie 2 : Physique nucléaire</b>	
<b>CHAPITRE 1 : Décroissance radioactive.....</b>	<b>61</b>
Activité 1 : Découverte de la radioactivité.....	62
Activité 2 : Diagramme de Segré.....	66
Activité 3 : Loi de décroissance radioactive.....	70
L'essentiel du cours.....	72
Exercices d'application.....	73
<b>CHAPITRE 2 : Noyaux - Masse et énergie.....</b>	<b>79</b>
Activité 1 : Compacité d'un noyau.....	80
Activité 2 : Réactions nucléaires provoquées.....	84
Activité 3 : Réacteur nucléaire.....	88
L'essentiel du cours.....	90
Exercices d'application.....	91
► <b>Partie 3 : Électricité</b>	
<b>CHAPITRE 1 : Condensateur et Bobine.....</b>	<b>95</b>
Activité 1 : Charge d'un condensateur.....	96
Activité 2 : Capacité d'un condensateur.....	100
Activité 3 : Tension aux bornes d'une bobine.....	104
L'essentiel du cours.....	108
<b>CHAPITRE 2 : Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension.....</b>	<b>109</b>
Activité 1 : Réponse à un échelon de tension ascendant.....	110
Activité 2 : Réponse à un échelon de tension descendant.....	112
L'essentiel du cours.....	114
Exercices d'application.....	115
<b>CHAPITRE 3 : Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension.....</b>	<b>119</b>
Activité 1 : Réponse à un échelon de tension ascendant.....	120
L'essentiel du cours.....	122
Exercices d'application.....	123
<b>CHAPITRE 4 : Oscillations Libres dans un circuit RLC série.....</b>	<b>127</b>
Activité 1 : Décharge d'un condensateurs à travers une bobine.....	128
L'essentiel du cours.....	132
Exercices d'application.....	133

<b>CHAPITRE 5 : oscillations forcées dans un circuit RLC série.....</b>	<b>137</b>
Activité 1 : Nature d'un circuit.....	138
Activité 2 : Loi d'Ohm.....	140
Activité 3 : Résonance électronique.....	142
L'essentiel du cours.....	144
Exercices d'application.....	145
<b>CHAPITRE 6 : Modulation et Démodulation d'amplitude.....</b>	<b>149</b>
Activité 1 : Principe de modulation d'une information.....	150
Activité 2 : Filtres de fréquences.....	154
Activité 3 : Principe de la démodulation d'une information.....	156
L'essentiel du cours.....	160
Exercices d'application.....	161
► <b>Partie 4 : Mécanique</b>	
<b>CHAPITRE 1 : Lois de Newton.....</b>	<b>167</b>
Activité 1 : Deuxième loi de Newton.....	168
L'essentiel du cours.....	170
Exercices d'application.....	171
<b>CHAPITRE 2 : Applications des lois de Newton - Mouvements rectilignes.....</b>	<b>175</b>
Activité 1 : Chute verticale avec frottements.....	176
Activité 2 : Chute verticale libre.....	178
L'essentiel du cours.....	180
Exercices d'application.....	181
<b>CHAPITRE 3 : Applications des lois de Newton - Mouvements plans.....</b>	<b>185</b>
Activité 1 : Mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur.....	186
Activité 2 : Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique.....	190
Activité 3 : Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique.....	194
Activité 4 : Lois de Kepler.....	198
L'essentiel du cours.....	202
Exercices d'application.....	204
<b>CHAPITRE 4 : Relation quantitative entre la somme des moments et l'accélération angulaire.....</b>	<b>215</b>
Activité 1 : Relation fondamentale de la dynamique.....	216
L'essentiel du cours.....	220
Exercices d'application.....	221
<b>CHAPITRE 5 : Systèmes oscillants.....</b>	<b>223</b>
Activité 1 : Oscillation libres d'un système (corps+ressort).....	224
Activité 2 : Oscillation libres d'un pendule de torsion.....	226
Activité 3 : Oscillations libres d'un pendule pesant.....	230
Activité 4 : Oscillations libres d'un pendule simple.....	234
Activité 5 : Phénomène de résonance mécanique.....	238
L'essentiel du cours.....	242
Exercices d'application.....	243
<b>CHAPITRE 6 : Aspects énergétiques.....</b>	<b>247</b>
Activité 1 : Transformations d'énergie.....	248
L'essentiel du cours.....	250
Exercices d'application.....	251
<b>CHAPITRE 7 : Atome et mécanique de Newton.....</b>	<b>259</b>
Activité 1 : Limites de la mécanique classique.....	260
L'essentiel du cours.....	264
Exercices d'application.....	265
► <b>Fiche méthode.....</b>	<b>267</b>
► <b>Complément mathématique.....</b>	<b>268</b>
► <b>Équation aux dimension.....</b>	<b>269</b>
► <b>Calculatrice scientifique.....</b>	<b>270</b>
► <b>Tableau périodique des éléments chimiques.....</b>	<b>271</b>

# Constantes physiques fondamentales

## Qu'est-ce qu'une constante fondamentale ?

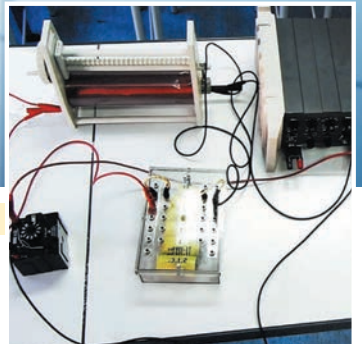
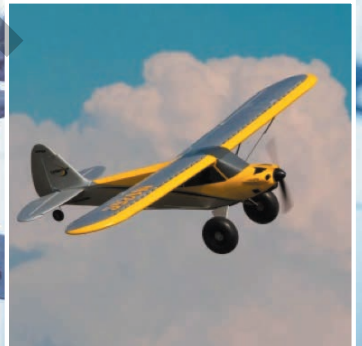
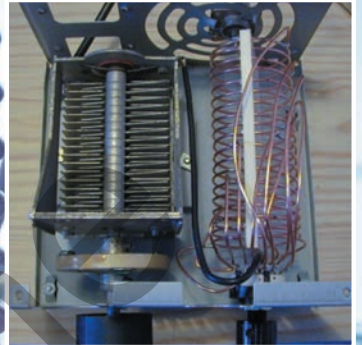
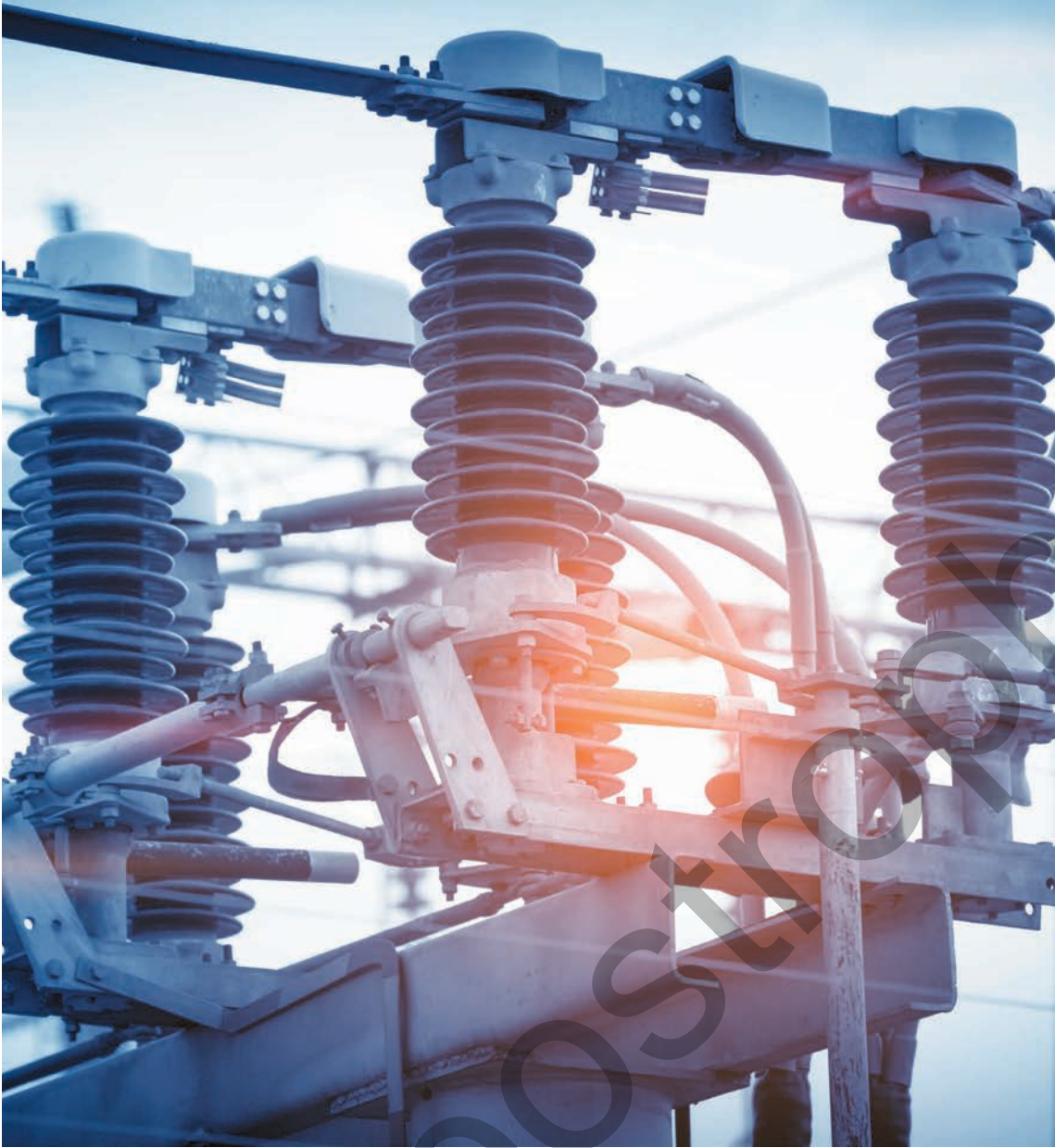
Une constante fondamentale est une grandeur qui intervient dans les théories physiques, et dont la valeur n'est pas prédite par la théorie.

Les constantes fondamentales ne sont pas censées varier dans le temps ou dans l'espace : quel que soit l'endroit de l'univers où l'on se trouve, et quel que soit le moment d'étude dans l'histoire de l'univers, une constante doit toujours avoir la même valeur.

Nom	Valeur	Unité
Électronvolt	$1,602\,176\,487(40) \cdot 10^{-19}$	J
Accélération de la pesanteur	9,806 65	$\text{m.s}^{-2}$
Base des logarithmes naturels	2,718 281 828 459...	
Charge élémentaire	$1,602\,176\,487(40) \cdot 10^{-19}$	C
Constante d'Avogadro	$6,022\,141\,79(30) \cdot 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
Constante de Faraday	96 485.3399(24)	$\text{C.mol}^{-1}$
Constante de gravitation	$6,674\,28(67) \cdot 10^{-11}$	$\text{m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$
Constante de Planck	$6,626\,068\,96(33) \cdot 10^{-34}$	J s
Constante de Rydberg	10 973 731,568 527(73)	$\text{m}^{-1}$
Constante molaire des gaz	8,314 472(15)	$\text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Masse du neutron	$1,674\,927\,211(84) \cdot 10^{-27}$	kg
Masse du proton	$1,672\,621\,637(83) \cdot 10^{-27}$	kg
Masse de l'électron	$9,109\,382\,15(45) \cdot 10^{-31}$	kg
Permittivité du vide	$8,854\,187\,817... \cdot 10^{-12}$	$\text{F.m}^{-1}$
Pi	3,141 592 653 589 793 238...	
Pression standard	101 325	Pa
Rayon de Bohr	$0,529\,177\,208\,59(36) \cdot 10^{-10}$	m
Rayon de l'électron	$2,817\,940\,2894(58) \cdot 10^{-15}$	m
Unité de masse atomique	$1,660\,538\,782(83) \cdot 10^{-27}$	kg
Vitesse de la lumière dans le vide	299 792 458	$\text{m.s}^{-1}$
Vitesse du son dans l'air	$331,5 + 0,6 \cdot T/^{\circ}\text{C}$	$\text{m.s}^{-1}$
Volume molaire (gaz parfait, T = 273.15 K, P = 101.325) kPa)	$22,413\,996(39) \cdot 10^{-3}$	$\text{m}^3.\text{mol}^{-1}$
Zéro absolu	-273,15	$^{\circ}\text{C}$

# Alphabet grecque

Nom	Minuscule	Majuscule
Alpha	α	Α
Bêta	β	Β
Gamma	γ	Γ
Delta	δ	Δ
Epsilon	ε	Ε
Zêta	ζ	Ζ
Êta	η	Η
Thêta	θ	Θ
Iota	ι	Ι
Kappa	κ	Κ
Lambda	λ	Λ
Mu	μ	Μ
Nu	ν	Ν
Xi	ξ	Ξ
Omicron	ο	Ο
Pi	π	Π
Rhô	ρ	Ρ
Sigma	σ	Σ
Tau	τ	Τ
Upsilon	υ	Υ
Phi	φ	Φ
Khi	χ	Χ
Psi	ψ	Ψ
Oméga	ω	Ω



*L'introduction d'un générateur perturbe les oscillations libres.*

# OSCILLATIONS FORCÉES DANS UN CIRCUIT RLC SÉRIE

**Comment réagit le circuit à cette perturbation ?**

## Objectifs

- Oscillations forcées en régime sinusoïdal dans un circuit RLC série.
- Courant alternatif sinusoïdal - Intensité efficace et tension efficace - Impédance du circuit.
- Résonance d'intensité - bande passante - facteur de qualité.
- Puissance en courant alternatif sinusoïdal - facteur de puissance.



# Nature d'un circuit

## Activité expérimentale

### Objectif

Comparaison de la tension avec le courant.

La réponse d'un circuit R-L-C, dépend de la nature de l'excitation on admet que la loi d'Ohm s'applique en tension alternative sinusoïdale, et s'écrit :  $u_R(t) = R.i(t)$ .

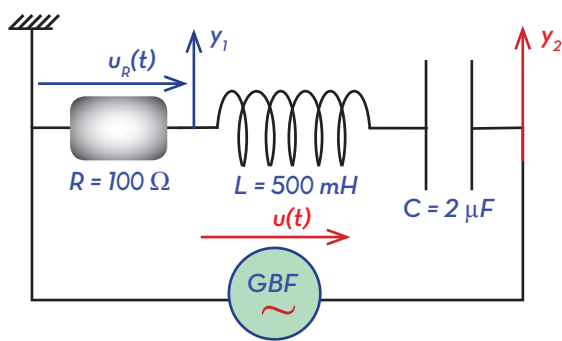
$u_R(t)$  et  $i(t)$  sont donc en phase.

Pour comparer  $u(t)$  et  $i(t)$ , on compare  $u(t)$  et  $u_R(t)$ .

La tension qui est en avance est celle qui atteint son extrémum avant l'autre.

► Quelle est l'influence de l'excitation sur la réponse du circuit?

### Doc.1 Montage d'étude



### Matériel :

Circuit RLC, générateur de tension alternative sinusoïdale, oscilloscope bicourbe.

### Manipulation :

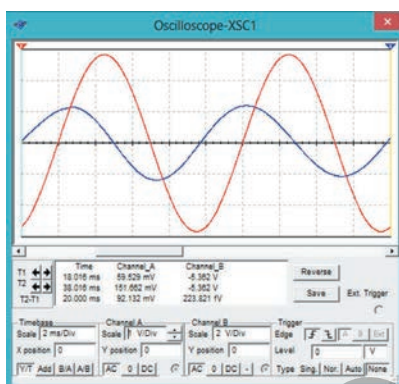
- Réaliser le circuit de **Doc. 1** ci-contre :
- Visualiser les tensions  $u(t)$  et  $u_R(t)$  en choisissant comme fréquences :

$N_1 = 100 \text{ Hz}$  ;  $N_0 = 159,5 \text{ Hz}$  ;  $N_2 = 220 \text{ Hz}$

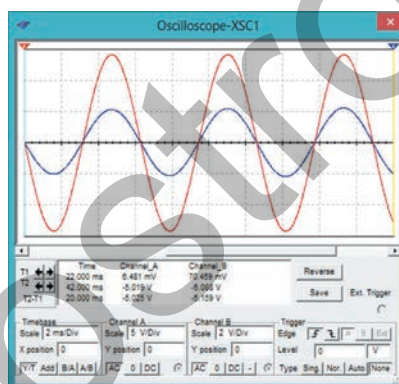
Les courbes obtenues ressemblent à celle représentées sur **Doc. 2** ci-dessous :

$u_R(t)$  : courbe bleu,  $u(t)$  : courbe rouge.

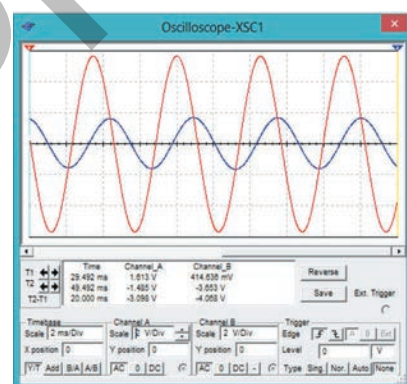
### Doc.2 Courbes $u(t)$ et $u_R(t)$



a-  $N_1 = 100 \text{ Hz}$



b-  $N_0 = 159,5 \text{ Hz}$



c-  $N_2 = 200 \text{ Hz}$

### Piste de travail :

- Préciser laquelle des grandeurs  $u(t)$  ou  $i(t)$  est en avance de phase sur l'autre dans chacun des trois cas ;
- Déduire la nature du circuit : inductif, capacitif ou résistif.

	Comparaison de $u(t)$ et $i(t)$	Nature du circuit
$N_1 = 100 \text{ Hz}$	.....	.....
$N_0 = 159,5 \text{ Hz}$	.....	.....
$N_2 = 200 \text{ Hz}$	.....	.....

### Ce qu'il faut savoir

- La courbe décalée vers la gauche est celle qui correspond à la grandeur en avance.

### Lexique

- **Excitation** : Stimulation.
- **Extrémum** : Maximum ou minimum.

Apostrophe

## Activité expérimentale

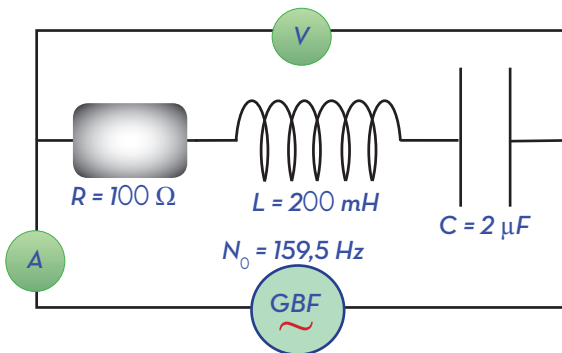
### Objectif

Établir la loi d'Ohm (relation entre  $U$  et  $I$ )

L'intensité efficace du courant circulant dans un circuit excité dépend de la tension excitatrice.

► Quelle relation relie les valeurs efficaces des courants et tensions?

### Doc.1 Montage d'étude



### Matériel :

Condensateur, résistor, bobine, générateur de tension alternative sinusoïdale, ampèremètre, voltmètre, fils de connexion.

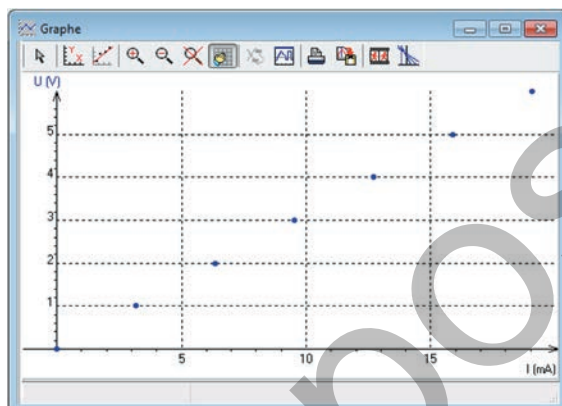
### Manipulation :

1. Réaliser le circuit de **Doc. 1** ci-contre.
2. Varier la valeur de la tension aux bornes du circuit, et noter les valeurs correspondantes des intensités de courant.

Les résultats sont donnés par le tableau suivant :

U(V)	0	1	2	3	4	5	6
I(mA)	0	3,2	6,3	9,5	12,7	15,9	19

### Doc.2 Courbe $U = f(I)$



### Piste de travail :

1- Comment varie la valeur efficace  $U$  de la tension en fonction de la valeur efficace  $I$  du courant en régime alternatif sinusoïdal forcé ?

2- Déterminer la valeur de la pente (notée  $Z$ ) de cette courbe et préciser son unité.

3- Écrire la relation entre  $U$  et  $I$ , et déduire celle entre  $U_m$  et  $I_m$ .

### Ce qu'il faut savoir

$$-u = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \text{ et } i = \frac{I_m}{\sqrt{2}} ;$$

$$- \Omega = V \cdot A^{-1}.$$

### Lexique

- **Pente** : Coefficient directeur;
- **Alternative** : Les valeurs s'alternent entre positives et négatives.



Apostrophe

## Activité expérimentale

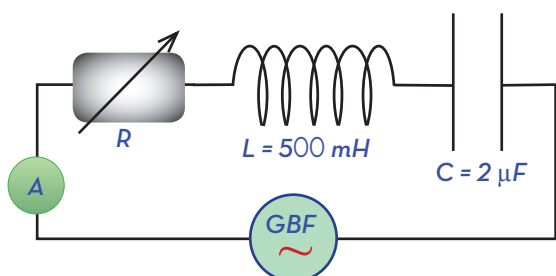
### Objectif

Mettre en évidence les propriétés de la résonance

Un circuit excité s'appose à l'excitation tant que la fréquence excitatrice est différente de sa fréquence propre.

► à quelle fréquence, la réponse du circuit est maximale?

### Doc.1 Montage d'étude



### Matériel :

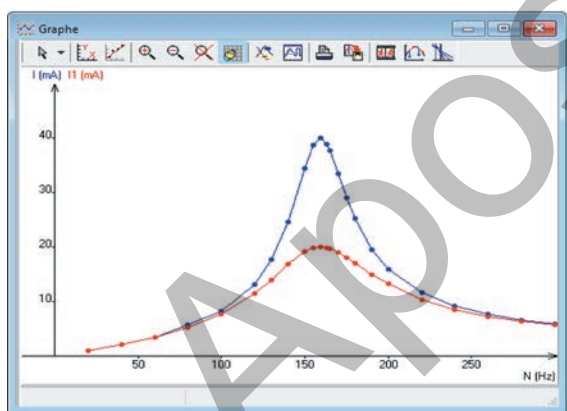
Circuit RLC , GBF , Ampèremètre , Tableur.

### Manipulation :

1. Réaliser le circuit de **Doc. 1** ci-contre .
2. Varier la valeur de la fréquence du GBF, et noter les valeurs correspondantes de l'intensité de courant . Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant.

N(Hz)	20	40	60	80	100	120	130	140	150	155	159,5	163	165	170	175	180	190	200	220	240	260	280	300
I(mA) $R_1 = 100 \Omega$	1	2,1	3,7	5,3	8,1	13,2	17,6	24,5	34,4	38,7	40	38,9	37,6	33,4	29	25,2	19,6	16	11,6	9,2	7,7	7,1	5,8
I(mA) $R_2 = 200 \Omega$	1	2,1	3,5	5,2	7,7	11,5	14	16,8	19,2	19,8	20	19,8	19,7	19	18,1	17	14,5	13,1	10,4	8,7	7,3	6,4	5,7

### Doc.2 Courbe $U = f(I)$



### Piste de travail :

- 1- Faire tracer la courbe  $I = f(N)$ .

Les courbes obtenues sont représentées sur **Doc. 2** ci-contre ( $R_1 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = 200 \Omega$ ).

- 2- Noter la valeur de la fréquence correspondante à la plus grande intensité efficace du courant. la comparer à la valeur de la fréquence propre :

$$N_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

- 3- Noter  $I_{01}$  et  $I_{02}$  les valeurs de l'intensité efficace du courant à la résonance dans chaque cas. Quelle est l'influence de la résistance du circuit sur cette valeur ?

- 4- Calculer l'impédance du circuit à la résonance dans chaque cas. Comparer sa valeur avec la valeur de la résistance du circuit.

### Ce qu'il faut savoir

- L'unité de l'impédance est  $\Omega$ .
- La plus grande valeur efficace ne veut pas dire la valeur maximale.

### Lexique

- **Résonance** : Réponse maximale;
- **Noter** : Relever à partir de la courbe.

Apostrophe

# L'ESSENTIEL DU COURS

## 1. Grandeurs alternatives sinusoïdales :

Lorsqu'on alimente un circuit par une tension alternative sinusoïdale, il en résulte un courant alternatif sinusoïdal. Le générateur oblige ces deux grandeurs à osciller avec sa période et non leur période propre. On dit que les oscillations sont forcées.

On écrit :  $i(t) = I_m \cos(\omega t)$  et  $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$

Avec :

•  $\omega = 2\pi N$  pulsation

•  $U_m$  et  $I_m$  : valeurs maximales,

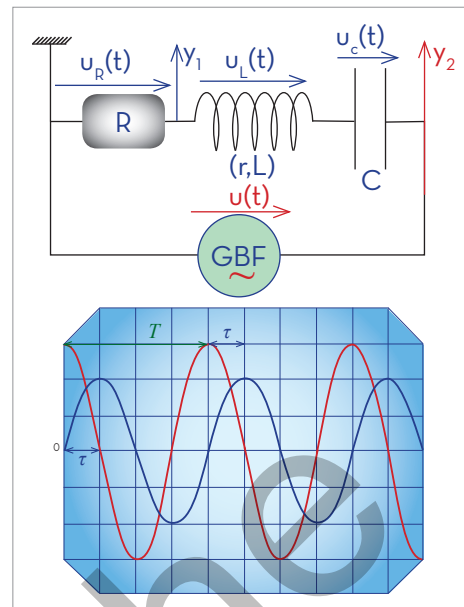
Soient :  $U$  et  $I$  les valeurs efficaces :

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

•  $\varphi$  : phase de  $u(t)$  par rapport à  $i(t)$

Les oscillogrammes ci-contre représentent  $u(t)$  et  $i_R(t)$



## 2. Impédance du circuit :

$$U_m = Z I_m$$

$$U = Z I$$

## 3. Phase de la tension par rapport au courant :

$$|\varphi| = 2\pi \frac{\tau}{T}$$

$\tau$  : retard temporel

•  $\varphi > 0$  : circuit inductif (tension en avance)

•  $\varphi < 0$  : circuit capacitif (tension en retard)

•  $\varphi = 0$  : circuit résistif (tension et courant en phases)

La grandeur en avance atteint son maximum avant l'autre.

## 4. Résonance électrique :

• La fréquence :  $N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

• L'impédance :  $Z = Z_{\min} = R + r$

• La phase :  $\varphi = 0$

## 5. Bande passante

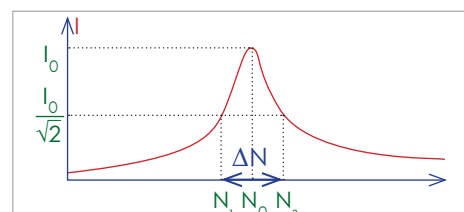
C'est l'ensemble des fréquences pour lesquelles :

$$I \geq \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

Avec :

$$I_0 = \frac{U}{R + r}$$

La largeur de cette bande est :  $\Delta N = N_2 - N_1$



## 6. Coefficient de qualité :

On définit le coefficient de qualité (ou coefficient de surtension) par :

$$Q = \frac{N_0}{\Delta N} \quad (\text{sans unité})$$

## 7. Puissance en régime alternatif sinusoïdal :

### 7.1. Puissance instantanée :

$$P(t) = u(t) i(t)$$

### 7.2. Puissance moyenne (ou puissance active) :

$$P_m = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt$$

On montre que :

$$P_m = UI \cos \varphi = R_e \cdot I^2$$

$\cos \varphi$  : est appelé facteur de puissance.

## 1 QCM

À chaque question peuvent correspondre aucune, une seule ou plusieurs propositions correctes.

1. La valeur efficace de la tension est mesurée à l'aide d'un :

a. Ampèremètre , b. Voltmètre , c. Oscilloscope.

2. La valeur maximale de la tension est mesurée à l'aide d'un :

a. Ampèremètre , b. Voltmètre , c. Oscilloscope.

3. La relation reliant les valeurs efficace et maximale du courant électriques est :

a.  $I^2 = I_m^2/2$ , b.  $I = I_m/2$ , c.  $I_m^2 = 2.I^2$ .

4. La loi d'Ohm en courant alternatif s'écrit :

a.  $U = Z/I$ , b.  $U = Z.I$ , c.  $I = U/Z$ .

5. L'impédance d'un circuit (R,L,C) :

a. Augmente avec la fréquence excitatrice;

b. Diminue avec la fréquence excitatrice;

c. Varie avec la fréquence excitatrice.

6. À la résonance électrique :

a. Le circuit est inductif;

b. Le circuit est capacitif;

c. Le circuit est résistif.

7. À la résonance électrique :

a. L'impédance du circuit est maximale;

b. L'impédance du circuit est minimale;

c. L'impédance du circuit est nulle.

8. La bande passante est l'ensemble des fréquences correspondantes à :

a.  $I > I_0/2$ , b.  $I = I_0/\sqrt{2}$ , c.  $I \geq \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ .

9. La puissance moyenne développée par un circuit (R,L,C) est :

a.  $P = U.I$ , b.  $P = U.I.\cos\varphi$ , c.  $P = U.I/\cos\varphi$ .

10. Lorsqu'un circuit (R,L,C) est en résonance à la fréquence de 500 Hz, le produit LC vaut presque :

a.  $10^{-7} \text{ s}^2$ , b.  $1,6.10^{-8} \text{ s}^2$ , c.  $6333 \text{ s}^2$ .

11. L'impédance d'un circuit (R,L,C) peut-être déduite graphiquement par la relation :

a.  $(U_m/U_{Rm}).R$ , b.  $(U_{Rm}/U_m).R$ , c.  $(U_m/R).U_{Rm}$ .

12. Le facteur de puissance est :

a.  $\varphi$ , b.  $\cos\varphi$ , c.  $P/U.I$ .

13. À la résonance électrique d'un circuit (R,L,C) :

a. La valeur efficace de l'intensité du courant devient égale à sa valeur maximale ;

b. La phase de la tension par rapport au courant devient maximale;

c. La tension et le courant deviennent en phase.

## 2 Vrai ou Faux

Un dipôle (R,L,C) est constitué de :

- Une bobine d'inductance L et de résistance

interne r;

- Un condensateur de capacité C;

- Un conducteur ohmique de résistance r'.

Les trois composants sont branchés en série.

Un générateur basse fréquence impose aux bornes de ce dipôle une tension sinusoïdale de fréquence f.

Répondre par vrai ou faux aux propositions suivantes et corriger les erreurs éventuelles.

1. Le dipôle est en oscillations forcées.

2. À la résonance d'intensité, la période de la tension délivrée par le générateur est égale à la période propre  $T_0$  du circuit (LC) non amorti.

3. Lors de la résonance, l'intensité i est en avance sur la tension u aux bornes du dipôle (R,L,C).

4. À la résonance d'intensité, l'amplitude  $I_m$  du courant passe par un minimum égal à :  $U_m/(r+r')$

5. L'impédance du circuit est toujours inférieure ou égale à la résistance r' de la bobine.

## 3 Définir une grandeur

Pour un circuit (R,L,C), donner :

1. L'expression  $f_0$  de la fréquence de la résonance d'intensité du courant;

2. La définition de la largeur de la bande passante à (- 3 dB) ;

3. L'expression du facteur de qualité Q du circuit ;

4. Le rapport de l'amplitude de la tension aux bornes du condensateur à l'amplitude de la tension imposée par le générateur lorsque  $f = f_0$ .

## 4 Acuité de la résonance

1. Indiquer le paramètre qui caractérise l'acuité de la résonance.

2. Comment ce paramètre varie-t-il lorsque la résistance du circuit (R,L,C) augmente ?

3. Que vaut la tension aux bornes du condensateur à la résonance dans le cas d'un circuit sélectif ?

4. Qu'appelle-t-on surtension ?

5. Qu'est-ce qu'une : résonance aiguë ? résonance floue ?

## 5 Identifier les paramètres d'une tension sinusoïdale

Lors d'une séance de travaux pratiques, on dispose du matériel suivant :

- Un générateur de signaux basse fréquence (G.B.F.) et un oscilloscope bicourbe ;

- Un conducteur ohmique de résistance  $R = 220 \Omega$ ;



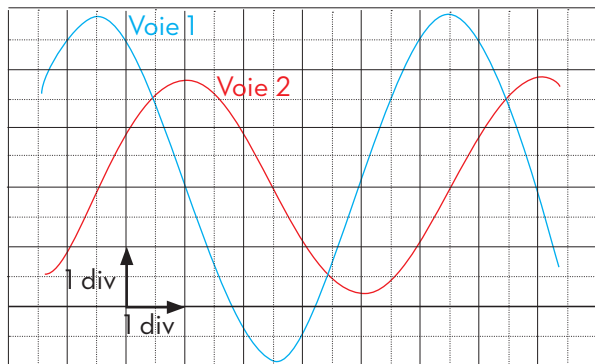
- Un condensateur de capacité  $C = 22 \text{ nF}$ ;
- Une bobine d'inductance  $L$ , inconnue et de résistance négligeable devant  $R$ .

**1.** Pour une fréquence déterminée, on a obtenu l'oscillogramme ci-dessous avec les réglages suivants :

- Balayage horizontal :  $0,1 \text{ ms.div}^{-1}$  ;
- Sensibilité verticale :  $1 \text{ V.div}^{-1}$  pour les deux voies.

**Voie 1 :** tension  $u_1$  aux bornes du dipôle  $(R,L,C)$  ;

**Voie 2 :** tension  $u_2$  aux bornes du conducteur ohmique de résistance  $R$ .



**1.1.** Déterminer l'amplitude et la valeur efficace de la tension délivrée par le générateur.

**1.2.** Déterminer l'amplitude et la valeur efficace de l'intensité du courant dans le dipôle  $(R,L,C)$ .

**1.3.** Calculer l'impédance du dipôle  $(R,L,C)$  pour cette fréquence.

**1.4.** Le circuit est-il à la résonance ou non ? Justifier.

**2.** On modifie la fréquence  $f$  du générateur tout en maintenant constante l'amplitude de la tension délivrée par le générateur.

Pour une valeur  $f_0 = 1\,520 \text{ Hz}$ , les deux tensions  $u_1$  et  $u_2$  sont en phase.

**2.1.** À quel phénomène correspond cette observation ?

**2.2.** En déduire la valeur de l'inductance de la bobine.

**2.3.** Calculer, à cette fréquence, l'impédance du dipôle  $(R,L,C)$ .

## 6 Caractériser les oscillations forcées

On réalise le montage ci-dessous.

Sur l'oscilloscope bicourbe, on affiche :

- La tension  $u_2 = u_{BM}$  aux bornes de  $r'$  ;

- La tension  $u_1 = u_{AM}$

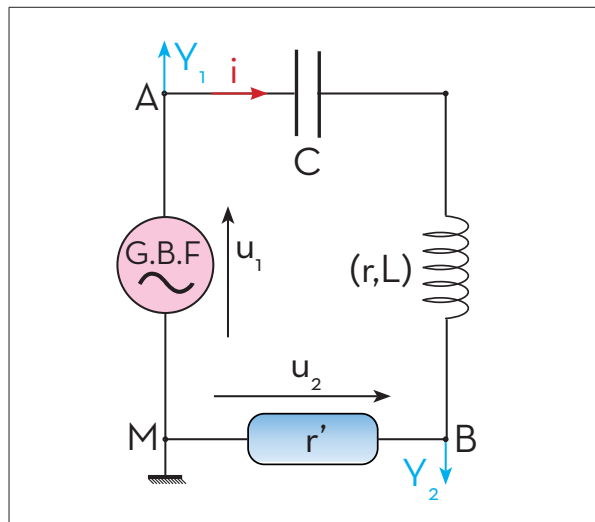
pour le réglage suivant :

- Base de temps :  $50 \mu\text{s.div}^{-1}$  ;

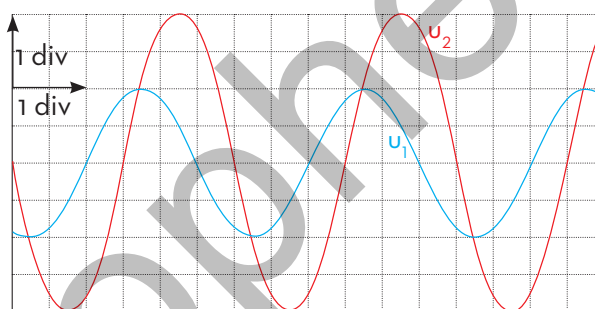
- Sensibilité verticale :

voie 1 :  $2 \text{ V.div}^{-1}$  ;

voie 2 :  $500 \text{ mV.div}^{-1}$ .



On obtient les courbes suivantes :



**1.** Déterminer les amplitudes des tensions  $u_1$  et  $u_2$  et les valeurs efficaces de ces tensions.

**2.** La valeur de la résistance  $r'$  du conducteur ohmique est  $100 \Omega$ , celle de la bobine est  $r = 8 \Omega$ . Calculer l'amplitude et la valeur efficace de l'intensité du courant.

**3.** Déterminer la période et la fréquence des deux tensions.

**4.** Pourquoi peut-on dire que le dipôle  $(R,L,C)$  est en régime forcé ?

**5.** La tension  $u_1$  est-elle en avance ou en retard sur la tension  $u_2$  ?

## 7 Visualiser des oscillations forcées

On désire étudier la résonance d'un dipôle, constitué de :

- Deux conducteurs ohmiques de résistances respectives :  $r_0 = 10 \Omega$ , et  $r'$  ajustable ;
- Une bobine  $(L,r)$  ;
- Un condensateur de capacité  $C$ .

On dispose d'un G.B.F. et d'un oscilloscope bicourbe dont les masses sont reliées à la terre.

**1.** Représenter le montage permettant de visualiser la tension aux bornes du dipôle (voie A) et de visualiser l'intensité du courant (voie B).

**2.** La valeur efficace de la tension sinusoïdale imposée par le générateur est prise égale à  $3 \text{ V}$ . Quelle sensibilité verticale de la voie A faut-il choisir ?

**3.** La résistance  $R = r + r' + r_0$  du circuit est égale à  $132 \Omega$ .

**3.1.** Quelle est l'amplitude maximale de l'intensité du courant qui peut circuler dans ce dipôle (R,L,C) ?

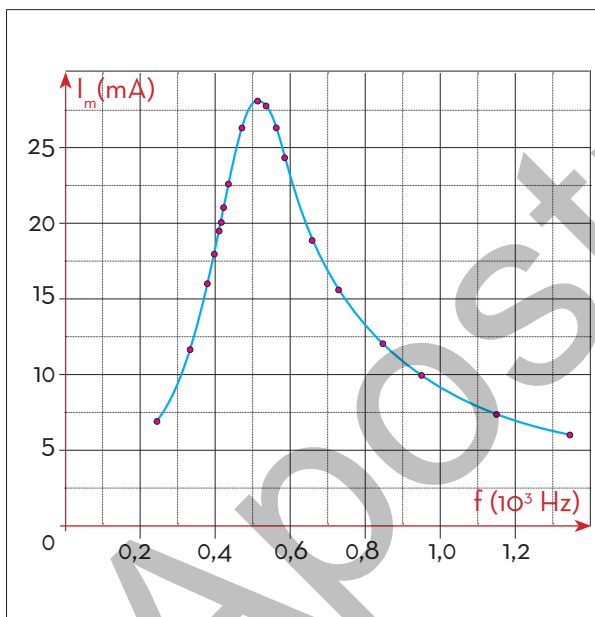
**3.2.** On détecte l'intensité du courant, en visualisant la tension aux bornes du résistor de résistance  $r_0$ .

Quelle sensibilité verticale faut-il choisir pour la voie B si on ne veut pas modifier les réglages au cours des mesures ?

**4.** La fréquence de résonance est de  $6250 \text{ Hz}$ , quelle durée de balayage doit-on choisir si on veut observer, à la résonance, un nombre de périodes compris entre 1 et 2 ?

### 8 Exploiter une courbe de résonance

L'étude expérimentale des variations de l'amplitude du courant circulant dans un circuit (R,L,C) série en régime forcé, en fonction de la fréquence excitatrice a permis de tracer la courbe suivante.



**1.** Évaluer graphiquement la fréquence de résonance  $f_0$  et l'amplitude maximale  $(I_m)_{\max}$  de l'intensité du courant.

**2.** L'amplitude de la tension délivrée par le générateur étant de  $4,0 \text{ V}$ . Calculer la résistance  $R$  totale du circuit.

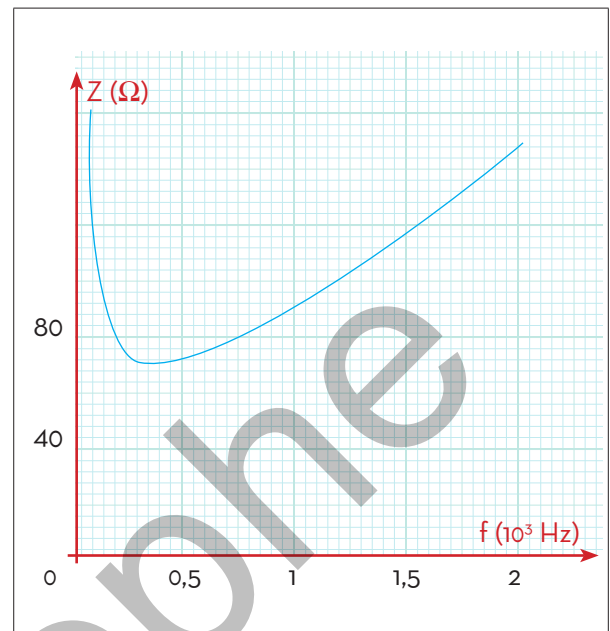
**3.** Déterminer les fréquences  $f_1$  et  $f_2$  correspondant à :  $\frac{(I_m)_{\max}}{\sqrt{2}}$ .

**4.** Calculer la largeur  $\Delta f$  de la bande passante à (-3 dB), et le facteur de qualité de ce circuit. La résonance est-elle aiguë ou floue ?

**5.** La capacité du condensateur est de  $1 \mu\text{F}$ . Calculer la valeur de l'inductance  $L$  de la bobine.

### 9 Exploiter une courbe d'impédance

L'étude expérimentale des variations de l'impédance d'un circuit (R,L,C) série en régime forcé, en fonction de la fréquence excitatrice a permis de tracer la courbe suivante.



**1.1.** Déterminer la valeur minimale  $Z_0$  de l'impédance et la fréquence  $f_0$  correspondante.

**1.2.** À quelles grandeurs caractéristiques du circuit (R,L,C) correspondent  $Z_0$  et  $f_0$  ?

**2.** Déterminer graphiquement la valeur de l'impédance à la fréquence de  $1500 \text{ Hz}$ .

**3.** Pour quelles fréquences  $f_1$  et  $f_2$  a-t-on une impédance  $Z = Z_0 \cdot \sqrt{2}$  ?

**4.** On applique, aux bornes de ce dipôle, une tension sinusoïdale de fréquence  $1500 \text{ Hz}$  et de valeur efficace  $U = 12 \text{ V}$ .

**4.1.** Calculer la valeur efficace  $I$  de l'intensité du courant qui circule dans ce dipôle.

**4.2.** Déduire l'amplitude de l'intensité du courant à cette fréquence.

### 10 Étudier une résonance

On monte en série entre deux points A et B :

- Un condensateur de capacité  $C = 2 \mu\text{F}$ ;
- Un bobine de coefficient d'inductance  $L$  et de résistance interne négligeable;
- Un résistor de résistance  $R$ .

On applique, à l'aide d'un GBF de fréquence  $N$  ajustable, aux bornes du dipôle AB, une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace constante :

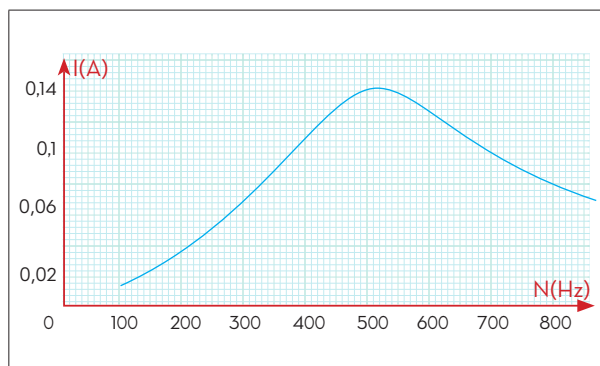
$$u(t) = 14 \sqrt{2} \cdot \cos(2\pi \cdot N \cdot t + \varphi) \text{ (En V)}$$

Le circuit est alors traversé par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité :

$$i(t) = I_0 \sqrt{2} \cos(2\pi N t)$$

On fait varier la fréquence  $N$ , et on mesure à chaque fois l'intensité efficace  $I$  du courant électrique.

Les résultats ont permis de tracer la courbe  $I = f(N)$  suivante.

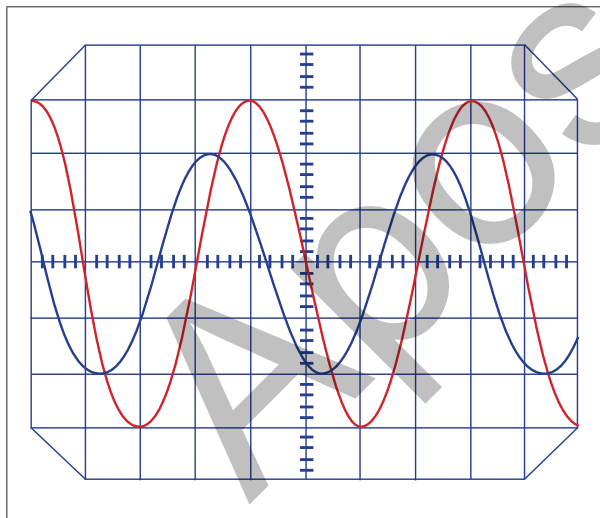


1. Noter la valeur de la fréquence  $N_0$  à la résonance et l'intensité  $I_0$  du courant correspondant. En déduire les valeurs de  $R$  et  $L$ .

2. Noter la valeur de la largeur  $\Delta N = N_2 - N_1$  de la bande passante. En déduire la valeur du coefficient de qualité  $Q$ .

3. Lorsque la valeur de la fréquence excitatrice est  $N = N_0$ , on visualise sur l'écran d'un oscilloscope bi-courbe, les tensions  $u(t)$  aux bornes du dipôle AB, et  $u_R(t)$  aux bornes du résistor.

On obtient les oscillogrammes de la figure suivante.



La sensibilité verticale est la même pour les deux voies.

3-1- Le circuit est-il, inductif ou capacitif ?

3-2- Déterminer la valeur de  $\varphi$ .

3-3- Calculer la valeur de la puissance moyenne.

### 11 Impédance et pulsation

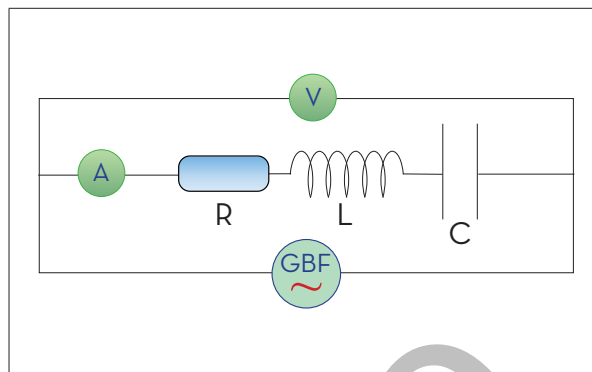
Un dipôle AB est constitué des éléments suivants en série :

- Un résistor de résistance  $R$  ;
- Une bobine d'inductance  $L$  et de résistance

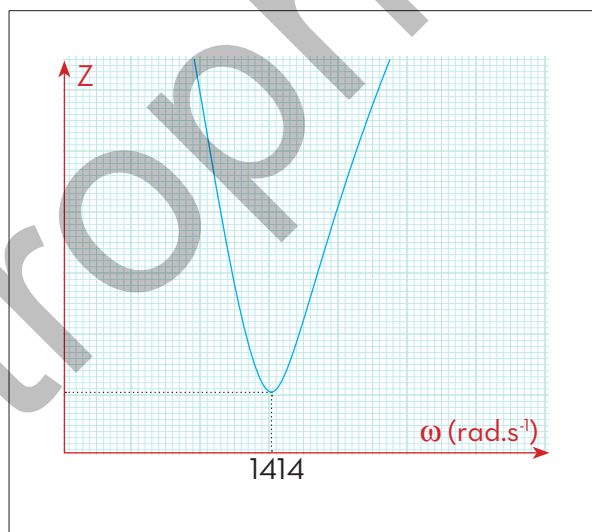
négligeable ;

- Un condensateur de capacité  $C = 5 \mu\text{F}$ ;

On applique entre les bornes A et B de ce dipôle une tension sinusoïdale  $u(t)$  de valeur efficace constante  $U = 15 \text{ V}$  et de pulsation  $\omega$  ajustable.



La courbe ci-après représente les variations de l'impédance  $Z$  du circuit en fonction de la pulsation  $\omega$ .



1. Pour la valeur  $\omega_0 = 1414 \text{ rad.s}^{-1}$  de la pulsation, l'intensité efficace du courant est  $I_0 = 0,75 \text{ A}$ .

Déduire la valeur de la résistance  $R$  du résistor, et calculer la valeur de l'inductance  $L$  de la bobine.

2. Pour la valeur  $\omega_1 = 1318 \text{ rad.s}^{-1}$  de la pulsation, le circuit est à l'une des limites de la bande passante et le déphasage entre la tension  $u(t)$  et le courant  $i(t)$  est  $|\varphi| = \pi/4$ .

2.1. Le circuit est-il inductif ou capacitif ? déduire la valeur de la phase  $\varphi$  de la tension  $u(t)$  par rapport au courant  $i(t)$ .

2.2. Écrire l'expression de la valeur efficace  $I_1$  du courant en fonction de  $I_0$ . Calculer sa valeur.

2.3. Calculer la valeur de la puissance moyenne du circuit dans ce cas.

3. Sachant que la valeur du coefficient de qualité est  $Q = 7$ .

Calculer la valeur  $\omega_2$  de la pulsation à l'autre extrémité de la bande passante.

# Fiche méthode

## J'APPRENDS À FAIRE UN EXERCICE ET À PASSER UN EXAMEN

Une bonne lecture est la clé d'une résolution réussie.

### A- PREMIERE LECTURE DE L'ÉNONCÉ :

- 1- Lire le titre de l'exercice, puis le texte en entier.
- 2- Observer les photographies, les schémas, les dessins, les tableaux.
- 3- Chercher la définition des mots que vous ne connaissez pas ou dont vous n'êtes pas sûr, et chercher à en comprendre le sens dans cet exercice.

### B- DEUXIEME LECTURE DE L'ENONCE :

- 4- Repérer dans le texte (en soulignant au fluo ou en recopiant sur le brouillon) toutes les informations qui vous sont données (données numériques, phrases ou mots pouvant servir)
- 5- Repérer dans le texte (en soulignant au fluo ou en recopiant sur le brouillon) tout ce qui vous est demandé (but de chaque question), et faire attention au verbe utilisé dans la formulation de la question (écrire, trouver, établir, démontrer, calculer, noter...) pour savoir s'il s'agit d'une restitution ou une analyse qui aboutit à une expression littérale ou à une application numérique.



### C- RESOLUTION DE L'EXERCICE :

- 6- Faire un schéma, un dessin, si cela peut vous aider à mieux comprendre ce qui vous est donné ou ce qui vous est demandé.

#### Exemples :

- **En mécanique** : si un mouvement est composé de plusieurs phases, il est préférable de séparer les phases et représenter chacune sur un schéma avec toutes les données utiles.
- **En chimie** : si les données sont enchaînées, représenter chaque étapes annotée avec ses données et repérer surtout les passages où il y a conservation de la quantité de matière et ceux où il y a conservation de la concentration.
- **En électricité** : représenter sur le circuit proposé

les courants et les tensions à étudier.

- 7- À partir de ce que vous savez (formules, propriétés, principes...), chercher à faire le lien entre ce que l'on vous donne et ce que l'on vous demande.



### D- RÉDACTION DE LA SOLUTION :

- 8- Rédiger l'exercice au propre.
  - Écrire les numéros des questions avec une couleur (vert par exemple) différente de celle utilisée à la rédaction.
  - Tracer les traits à la règle.
  - Écrire lisiblement et proprement sans ratures.
  - Faire des applications littérales avant les applications numériques.
  - Encadrer **le résultat littéral** et souligner le **résultat numérique**.
  - Vérifiez que votre réponse répond bien à la question posée.
  - Dans le cas où l'on vous demande une application numérique, vérifier que votre résultat n'est pas stupide (ordre de grandeur, signe) et que son unité est convenable.



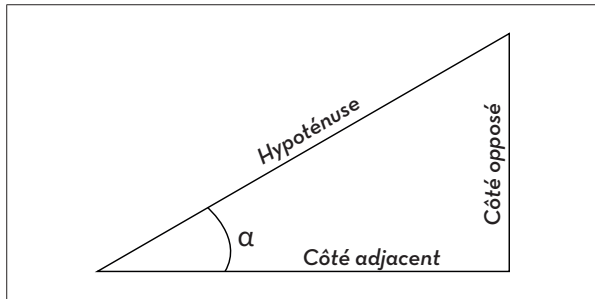
#### Conseil pour les examens :

Ne jamais se casser la tête au début avec des questions qui paraissent difficiles, pour ne pas perdre les pédales et se désespérer. Bénéficier tout d'abord de tout ce qui est faisable avec le minimum de nerfs, tout en gardant le sang-froid. Revenir sur les questions manquées, vous aurez plus de chance de les résoudre qu'avant.

# Complément mathématique

## 1- Formules trigonométriques :

- $\cos \alpha = \frac{\text{coté adjacent}}{\text{hypoténuse}}$
- $\sin \alpha = \frac{\text{coté opposé}}{\text{hypoténuse}}$
- $\tan \alpha = \frac{\text{coté opposé}}{\text{hypoténuse}} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$



- $\cos^2(\alpha) + \sin^2(\alpha) = 1$
- $2 \cdot \cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha) = \sin(2 \cdot \alpha)$
- $\cos(a + b) = \cos(a) \cdot \cos(b) - \sin(a) \cdot \sin(b)$
- $\sin(a + b) = \sin(a) \cdot \cos(b) + \sin(b) \cdot \cos(a)$

## 2- Dérivée :

La dérivée  $f'(t)$  est notée  $\frac{df(t)}{d(t)}$   
(notation différentielle)

- $(af)' = a \cdot f'$
- $(f^n)' = n \cdot f^{n-1} \cdot f'$
- $(f \cdot g)' = f' \cdot g + g' \cdot f$
- $(\sqrt{f})' = \frac{f'}{2 \cdot \sqrt{f}}$
- $\left(\frac{f}{g}\right)' = \frac{f' \cdot g - g' \cdot f}{g^2}$
- $(\cos(a \cdot t + b))' = -a \sin(a \cdot t + b)$
- $(f(g))' = f'(g) \cdot g'$
- $(\sin(a \cdot t + b))' = a \cos(a \cdot t + b)$

## 3- Logarithmes :

### 3-1- Logarithme népérien :

#### $\alpha$ - Quelques formules :

- $\ln(a \cdot b) = \ln(a) + \ln(b)$
- $\ln\left(\frac{a}{b}\right) = \ln(a) - \ln(b)$
- $\ln(a^n) = n \cdot \ln(a)$
- $\ln(1) = 0$
- $\ln(e) = 1$  ( $e \approx 2,718...$ )
- $(\ln f)' = \frac{f'}{f}$

### b- Fonction réciproque :

C'est la fonction exponentielle noté (e)

$$\ln(x) = a \Leftrightarrow x = e^a$$

Sa dérivée :  $(e^f)' = f' \cdot e^f$ ,

(Exemple :  $(e^{at})' = a \cdot e^{at}$ )

### 3-2- Logarithme décimal :

#### $\alpha$ - Définition :

$$\log(x) = \frac{\ln(x)}{\ln(10)}$$

Mêmes formules que Ln, sauf :  $\log(10) = 1$

### b- Fonction réciproque :

C'est la fonction puissance de base 10

$$\log(x) = a \Leftrightarrow x = 10^a$$

#### Remarque :

$\ln$  et  $\log$  sont des fonctions croissantes.

$$a > b \Leftrightarrow \ln(a) > \ln(b)$$

## 4- Équation différentielle du premier ordre :

C'est une équation de la forme :

$$\tau \cdot \frac{dy}{dt} + y = a$$

Sa solution s'écrit sous la forme :

$$y(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B$$

$\alpha$  et A doivent être non nulles, B le peut selon le cas.

**Méthode à suivre pour résoudre cette équation différentielle :**

- Remplacer** l'expression de  $y(t)$  dans l'équation différentielle.

$$-\alpha \cdot \tau \cdot A e^{-\frac{t}{\tau}} + (A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B) = a$$

- Factoriser** sous la forme :

$$A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} (-\alpha \cdot \tau + 1) = a - B$$

- Imposer** la condition pour que cette égalité (entre un membre variable et l'autre constant), se réalise :

$$\begin{cases} -\alpha \cdot \tau + 1 = 0 \\ a - B = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \alpha = \frac{1}{\tau} \\ B = a \end{cases}$$

- Déterminer** A, en utilisant les conditions initiales :

#### Exemples :

$$* y(0) = 0 \Rightarrow A + B = 0 \Leftrightarrow A = -B$$

$$* y(0) = E \Rightarrow A + B = E \Leftrightarrow A = E - B$$



# Équations aux dimensions

## 1- Unités internationales et équation aux dimensions :

- Deux grandeurs A et B sont homogènes, s'il existe un nombre  $\alpha$  tel que  $A = \alpha B$ , on dit que A et B ont la même dimension.
- On associe à chaque relation une équation dont les deux membres sont les dimensions des grandeurs utilisés dans la relation.
- Le système international d'unités (SI) se compose de sept unités :

Grandeur	Unité	Symbole de l'unité	Symbole de la dimension
Longueur	mètre	m	L Longueur
Masse	kilogramme	kg	M Masse
Durée	Seconde	S	T Temps
Intensité du courant	Ampère	A	I Intensité
Quantité de matière	Mol	Mol	N Nombre de moles
Température	Kelvin	K	$\Theta$
Intensité lumineuse	Candela	Cd	J

- On utilise souvent les quatre premières unités.
- On désigne la dimension d'une grandeur par son symbole entre crochets sauf les grandeurs du système international.

### Exemple :

[F] désigne la dimension de la force

## 2- Règles d'écriture des équations aux dimensions :

- Une équation aux dimensions s'écrit entre les scalaires associés aux grandeurs de la relation.
- Les deux membres d'une égalité ont la même dimension.
- Les éléments d'une somme ou soustraction ont la même dimension.

$$[A+B] = [A] = [B] \text{ et } [A-B] = [A] = [B]$$

- La dimension d'un produit est égale au produit des dimensions.

$$[A \cdot B] = [A] \cdot [B]$$

- La dimension d'un rapport est égale au rapport des dimensions.

$$\left[ \frac{A}{B} \right] = \frac{[A]}{[B]}$$

- Le rapport de deux grandeurs de même dimension est sans dimension.

$$[A] = [B] \Rightarrow \frac{[A]}{[B]} = 1$$

## 3- Applications :

### 3-1- Détermination de la dimension d'une grandeur :

#### Exemple 1 :

Dimension de la force.

Relation	Équation aux dimensions
$W(F) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$ <small>A → B</small>	$[F] = \frac{[W]}{L}$
$E_c = \frac{1}{2} mv^2$	$[W] = [E] = M(LT^{-1})^2$
	$[F] = \frac{ML^2T^{-2}}{L} = MLT^{-2}$

#### Exemple 2 :

Dimension de l'intensité de pesanteur g .

Relation	Équation aux dimensions
$P = mg$	$[g] = \frac{[P]}{M} = \frac{MLT^{-2}}{M}$
	$[g] = LT^{-2}$

### 3-2- S'assurer de l'homogénéité d'une relation :

#### Exemple :

La période des oscillations d'un pendule pesant est donnée par la relation :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta}{mgd}}$$

Relation	Équation aux dimensions
$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta}{mgd}}$	$\left[ \sqrt{\frac{J_\Delta}{mgd}} \right] = ?$
$J_\Delta = \sum m_i r_i^2$	$[J_\Delta] = M.L^2$
	$\left[ \sqrt{\frac{J_\Delta}{mgd}} \right] = \sqrt{\frac{ML^2}{M.LT^{-2}.L}} = T$

# Calculatrice scientifique



**1** : Pour écrire une fraction. Utiliser les touches de direction pour basculer entre numérateur et dénominateur.

**2** : Pour manipuler une durée en : heure, minute, seconde.

## Exemples :

- 2 h 35 min 25 s :  $2 \text{ } \text{h} \text{ } 35 \text{ } \text{min} \text{ } 25 \text{ } \text{s} =$

On obtient la valeur en heures.

- 9225 s :  $0 \text{ } \text{h} \text{ } 0 \text{ } \text{min} \text{ } 9225 \text{ } \text{s} =$  On obtient la valeur en h.min.s.

**3** : Pour approcher le résultat de l'écriture scientifique.

**4** : Puissance de 10.

## Exemple :

Pour écrire  $2,5 \cdot 10^{-5}$ , on écrit :  $2 \text{ } \cdot \text{ } 5 \text{ } \times 10^{\text{ } (-) \text{ } 5}$ .

L'intérêt c'est que le nombre et la puissance de 10 sont reliés.

Appuyer : (SHIFT)  $\times 10^x$  pour obtenir :  $\pi$ .

**5** : Pour afficher le dernier résultat de calcul. Même si on éteint la calculatrice, on peut récupérer le dernier résultat.

**6** : **AC** Effacer tout,  
**DEL** Effacer le dernier nombre écrit.

**7** : Pour convertir une fraction en nombre décimal et inversement.

**8** : Logarithme népérien.

**9** : Logarithme décimal.

**10** : MODE/SETUP.

► Appuyer (SHIFT MODE) pour choisir l'une des applications affichées (Table 1):

1:MthIO	2:LineIO
3:Deg	4:Rad
5:Gra	6:Fix
7:Sci	8:Norm

Table 1

## Exemple :

DEG (3), RAD(4), écriture scientifique (7), Revenir en mode normal (8)

► Appuyer directement (MODE) pour choisir l'une des applications affichées (Table 2):

1:COMP	2:CMPLX
3:STAT	4:BASE-N
5:EQN	6:MATRIX
7:TABLE	8:VECTOR

Table 2

## Exemple :

Résoudre une équation (5) :

• Équation du 2<sup>nd</sup> degré (3)

(Table 3) : Entrer par ordre les valeurs de : a, b et c, en appuyant après chaque nombre sur  $=$ , et pour obtenir les résultats sur  $=$  puis  $=$ .

• Un système d'équations à 2 inconnues (1) (Table 3) : Entrer par ordre a, b et c pour les deux équations, en appuyant après chaque nombre sur  $=$ , et pour obtenir les résultats sur  $=$  puis  $=$ .

1: $ax+by=Cn$
2: $ax+by+CnZ=dn$
3: $ax^2+bx+c=0$
4: $ax^2+bx^2+Cx+d=0$

Table 3

# Tableau périodique des éléments chimiques

Numéro atomique		Symbole		Masse atomique		C		Métaux		Métaux de transition		Métalloïdes		Non métaux		Autres		Solide		Gaz		Liquide	
		</																					

# Apostrophe

« Le photocopillage, c'est l'usage abusif et collectif de la photocopie sans autorisation des auteurs et des éditeurs.

Largement répandu dans les établissements scolaires, le photocopillage menace l'avenir du livre, car il met en danger son équilibre économique. Il prive les auteurs d'une équitable rémunération.

En dehors de l'usage privé du copiste, toute reproduction totale ou partielle de cet ouvrage est interdite. »

