

## Résistance d'une bobine dans un circuit à courant alternatif

### DETERMINER LA REACTANCE INDUCTIVE D'UNE BOBINE EN FONCTION DE L'INDUCTANCE ET DE LA FREQUENCE

- Déterminer l'amplitude et la différence de phase de la réactance inductive en fonction de l'inductance.
- Déterminer l'amplitude et la différence de phase de la réactance inductive en fonction de la fréquence.

UE3050211

04/18 UD

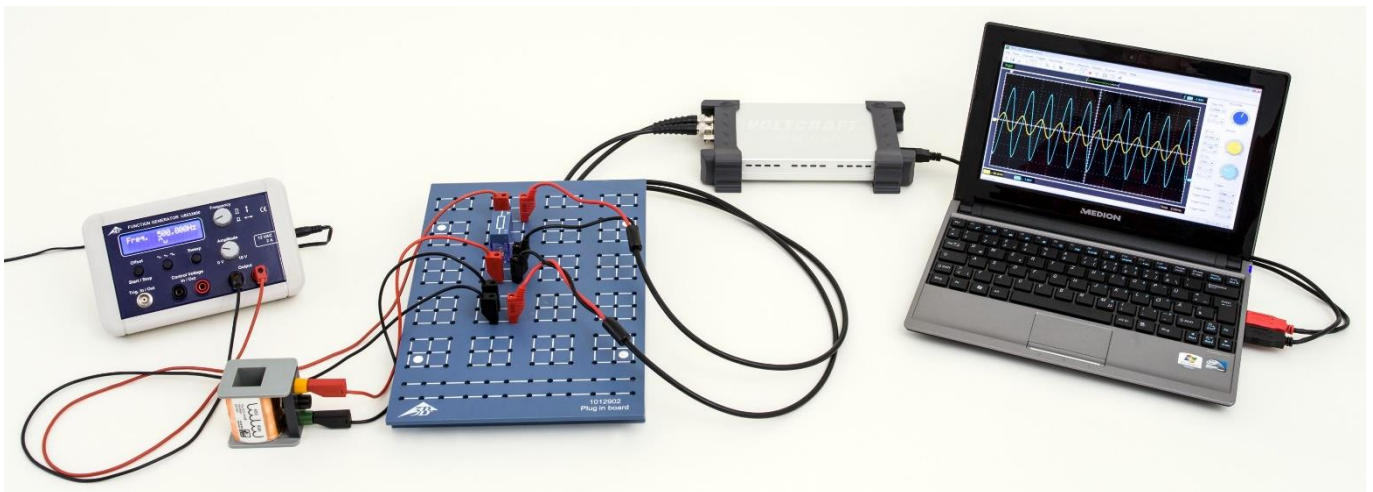


Fig. 1: Disposition pour mesure

### NOTIONS DE BASE GÉNÉRALES

Toute variation du courant électrique alimentant une bobine crée une tension aux bornes de celle-ci, une tension induite qui va s'opposer au courant d'alimentation et donc aux variations de courant. Dans un circuit alternatif, la tension aux bornes de la bobine est en avance de phase par rapport au courant alimentant la bobine. Ce phénomène s'explique aisément à l'aide d'une formule mathématique où l'on utilise le courant, la tension et la résistance comme des grandeurs complexes et que l'on considère leurs parties réelles.

Le rapport courant-tension d'une bobine s'écrit :

$$(1) \quad U = L \cdot \frac{di}{dt}$$

$i$  : Courant,  $U$  : Tension,  $L$  : Inductance

Pour une tension

$$(2) \quad U = U_0 \cdot \exp(i\omega t)$$

le courant est donné par

$$(3) \quad i = \frac{U_0}{i \cdot \omega \cdot L} \cdot \exp(i\omega t)$$

Par conséquent, on peut attribuer la résistance complexe (ou réactance inductive)

$$(4) \quad X_L = \frac{U}{i} = i \cdot \omega \cdot L = i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L$$

à l'inductance  $L$ . La partie réelle de chacune de ces grandeurs peut être mesurée, on a donc :

$$(5) \quad U = U_0 \cdot \cos \omega t$$

$$(6) \quad i = \frac{U_0}{\omega \cdot L} \cos \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right) = I_0 \cos \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

$$(7) \quad X_L = \frac{U_0}{I_0} = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

Dans l'expérience, un générateur de fonctions fournit une tension alternative avec des fréquences allant jusqu'à 2 kHz. Un oscilloscope bi-canal enregistre le courant et la tension, ce qui permet de relever l'amplitude et la différence de phase de ces deux grandeurs. Le courant traversant la bobine est fonction de la chute de tension aux bornes d'une résistance de mesure  $R$  dont la valeur est négligeable par rapport à la réactance inductive.

En option, l'enregistrement du courant et de la tension peut également s'effectuer avec l'enregistreur de données VinciLab, le logiciel Coach 7 et les capteurs de tension.

**LISTE DES APPAREILS**

- 1 Plaque de connexion des composants 1012902 (U33250)
- 2 Bobine S à 1200 spires 1001002 (U8498085)
- 1 Résistance 10 Ω, 2 W, P2W19 1012904 (U333012)
- 1 Générateur de fonctions FG 100 @230V 1009957 (U8533600-230)
- ou
- 1 Générateur de fonctions FG 100 @115V 1009956 (U8533600-115)
- 1 Oscilloscope p. PC, 2x25 MHz 1020857 (U11830)
- 2 Cordon HF, BNC/douille 4 mm 1002748 (U11257)
- 1 Jeu de 15 cordons à reprise arrière, 1 mm<sup>2</sup> 1002840 (U13800)
- En option
- 1 VinciLab 1021477 (UCMA-001)
- 1 Coach 7, licence collège/lycée 5 ans 1021522 (UCMA-18500)
- ou
- 1 Coach 7, licence université 5 ans 1021524 (UCMA-185U)
- 2 Capteur de tension 10 V, différentiel 1021680 (UCMA-0210i)
- 1 Capteur de tension 500 mV, différentiel 1021681 (UCMA-BT32i)
- 1 Câble spécial capteur 1021514 (UCMA-BTsc1)

**MONTAGE ET REALISATION**

- Monter l'agencement de mesure (Fig. 1) conformément au schéma de branchement (Fig. 2) avec la résistance  $R=10\ \Omega$  et une bobine de 1200 spires ( $L = 23\ \text{mH}$ ,  $R_L = 19\ \Omega$ ).
- Brancher le câble de mesure pour relever la courbe de tension  $U_R(t) = R \cdot I(t)$  via la résistance de mesure sur le canal CH1 et le câble de mesure pour relever la courbe de tension  $U_L(t)$  via la bobine sur le canal CH2 de l'oscilloscope.
- Régler les paramètres suivants sur l'oscilloscope du PC :
 

Horizontal :	
Base de temps :	500 $\sigma/\delta t \pi$
Position de trigger horizontale :	0.0 ns
Vertical :	
CH1 :	
Graduation de tension :	200 mV/div CC
Position du point zéro :	0.0 divs
CH2 :	
Graduation de tension :	1 V/div CC
Position du point zéro :	0.0 divs

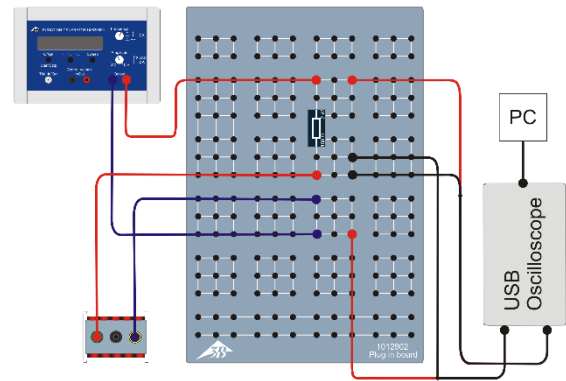
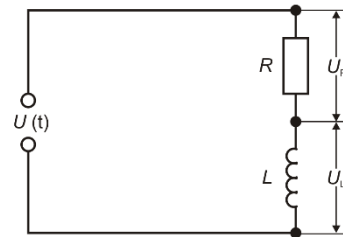


Fig. 2: Schéma de branchement (en haut) et schéma du montage (en bas).

Trigger : Single (pas Alternate)  
 Source : CH2  
 Mode : Edge  
 Flanc : Rise  
 Seuil : 0.000 mV  
 Mode trigger : Auto

Le cas échéant, adapter les paramètres Time/DIV et Volts/DIV pendant les séries de mesures, de sorte que les signaux soient représentés de manière optimale.

- Régler la fréquence  $f = 500\ \text{Hz}$ .
- Sur le générateur de fonctions, sélectionner la forme de signal sinusoïdale et régler l'amplitude du signal d'entrée  $U_0 = 4\ \text{V}$ . Pour cela, ajuster le régulateur d'amplitude de manière à ce que le maximum / minimum du signal sinusoïdal sur le canal CH2 de l'oscilloscope (à 1 V / case) corresponde à 4 cases.

Avec les fréquences considérées, la valeur de la résistance de mesure  $R$  est négligeable par rapport à la résistance  $X_L$ , mais il faut explicitement tenir compte de la résistance ohmique  $R_L$  de la bobine.

**Déphasage entre courant et tension**

- Observer et noter la position relative des courbes de tension  $U_L(t)$  et  $U_R(t)$  via la bobine et la résistance de mesure.

**Rapport entre la résistance inductive et l'inductance**

- A l'aide des deux bobines de 1200 spires ( $L = 23\ \text{mH}$ ,  $R_L = 19\ \Omega$ ), générer les inductances du Tab. 1 en variant le nombre de spires, lire les amplitudes  $U_{L0}$  et  $U_{R0}$  sur l'oscilloscope et les noter dans le Tab. 1.

Les inductances pour  $N = 400$  et  $800$  (prise d'une bobine) peuvent être calculées d'après

$$(8a) \frac{L}{23 \text{ mH}} = \left(\frac{N}{1200}\right)^2 \Leftrightarrow L = \left(\frac{N}{1200}\right)^2 \cdot 23 \text{ mH},$$

et pour  $N = 1600, 2000$  et  $2400$  (circuit série de deux bobine) d'après :

$$(8b) L = L_{1200} + L_{N-1200} = 23 \text{ mH} + L_{N-1200}$$

$L_{N-1200}$  : inductance de la bobine avec  $N-1200$  spires

Les résistances ohmiques  $R_L$  correspondantes peuvent être calculées de la manière suivante :

$$(9) \frac{R_L}{19 \Omega} = \frac{N}{1200} \Leftrightarrow R_L = \frac{N}{1200} \cdot 19 \Omega.$$

**Rapport entre la résistance inductive et la fréquence**

- Utiliser une bobine de 1200 spires ( $L = 23 \text{ mH}$ ,  $R_L = 19 \Omega$ ) ainsi que la résistance  $10 \Omega$  comme résistance de mesure.
- Sur le générateur de fonctions, régler successivement les fréquences du Tab. 2, lire les amplitudes  $U_{L0}$  et  $U_{R0}$  sur l'oscilloscope et les noter dans le Tab. 2.

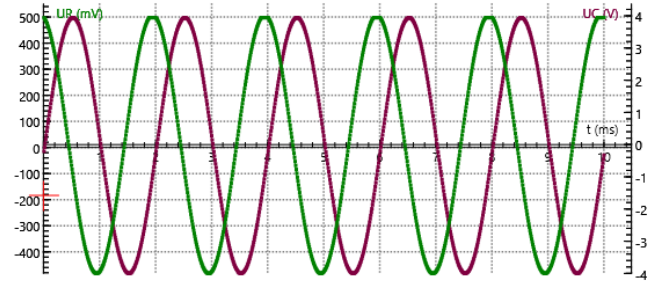
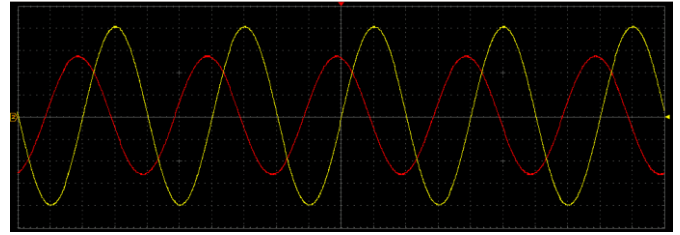


Fig. 3: Bobine dans un circuit alternatif : évolution du courant et de la tension. En haut : relevé avec l'oscilloscope du PC (courant : rouge, tension : jaune). En bas : relevé avec VinciLab / Coach7 (courant : vert, tension : violet).

**EXEMPLE DE MESURE ET EVALUATION**

**Déphasage entre courant et tension**

Par rapport au signal de tension, le signal de courant est décalé d'un quart de période à gauche (Fig. 3).

Le courant traversant la bobine suit à  $90^\circ$  la tension de la bobine dans la phase, car toute modification de courant induit une contre-tension.

**Rapport entre la résistance inductive et l'inductance / fréquence**

- Calculer l'amplitude du courant traversant la bobine d'après

$$(10) I_0 = \frac{U_{R0}}{R} = \frac{U_{R0}}{10 \Omega}$$

1 et la noter dans le tableau 1.

- Calculer la résistance totale de la bobine d'après

$$(11) Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} = \frac{U_{L0}}{I_0}$$

1 et la noter dans le tableau 1.

- Calculer la résistance inductive d'après

$$(12) X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2}$$

et noter les valeurs dans le tableau 1.

- Appliquer les résistances inductives  $X_L$  contre l'inductance (Tab. 1, Fig. 4) et la fréquence (Tab. 2, Fig. 5).

Selon l'équation (4), la réactance inductive  $X_L$  est proportionnelle à la fréquence  $f$  et à l'inductance  $L$ . Comme le montrent les diagrammes correspondants, les valeurs mesurées se situent dans les limites de précision de mesure sur une droite d'origine.

Tab. 1: Rapport entre la résistance inductive et l'inductance,  $f = 500 \text{ Hz}$ ,  $R = 10 \Omega$ ,  $U_0 = 4 \text{ V}$ .

$N$	$L$ mH	$R_L$ $\Omega$	$U_{L0}$ V	$U_{R0}$ mV	$I_0$ mA	$Z_L$ $\Omega$	$X_L$ $\Omega$
400	2,6	6,3	2,063	2220	222,0	9,3	6,8
800	10,2	12,7	3,475	860	86,0	40,4	38,4
1200	23,0	19,0	3,725	470	47,0	79,3	77,0
1600	25,6	25,3	3,850	453	45,3	85,0	81,1
2000	33,2	31,7	3,750	313	31,3	119,8	115,5
2400	46,0	38,0	3,775	234	23,4	161,3	156,8

Tab. 2: Rapport entre la résistance inductive et la fréquence,  $L = 23 \text{ mH}$ ,  $R_L = 19 \Omega$ ,  $R = 10 \Omega$ ,  $U_0 = 4 \text{ V}$ .

$f$ Hz	$U_{L0}$ V	$U_{R0}$ mV	$I_0$ mA	$Z_L$ $\Omega$	$X_L$ $\Omega$
100	2,850	995	99,5	28,6	21,4
300	3,525	725	72,5	48,6	44,7
500	3,725	488	48,8	76,3	73,9
800	3,800	325	32,5	116,9	115,3
1200	3,825	217	21,7	176,3	175,3
2000	3,875	131	13,1	295,8	295,2

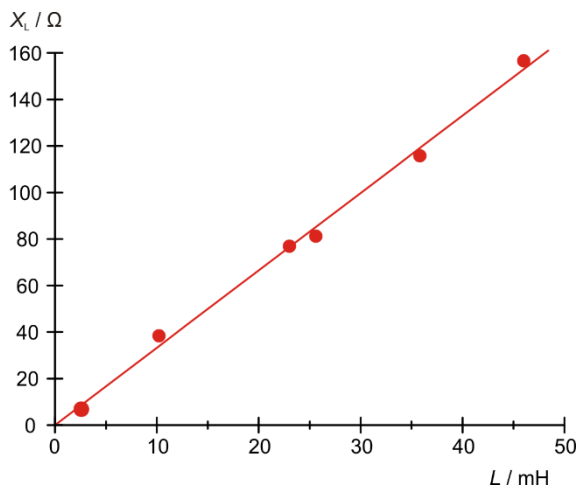


Fig. 4: Réactance inductive  $X_L$  comme fonction de l'inductance  $L$ .

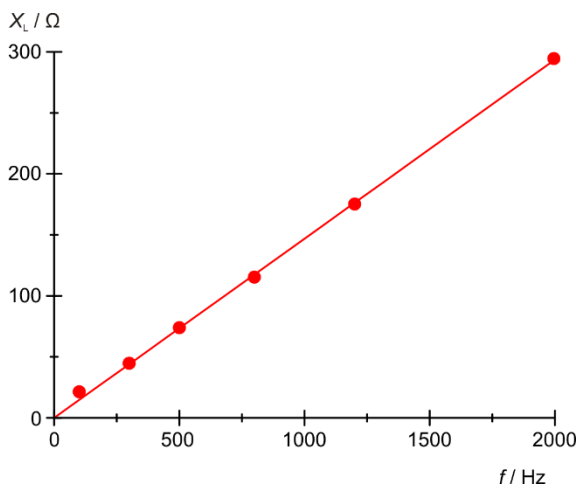


Fig. 5: Réactance inductive  $X_L$  comme fonction de la fréquence  $f$ .