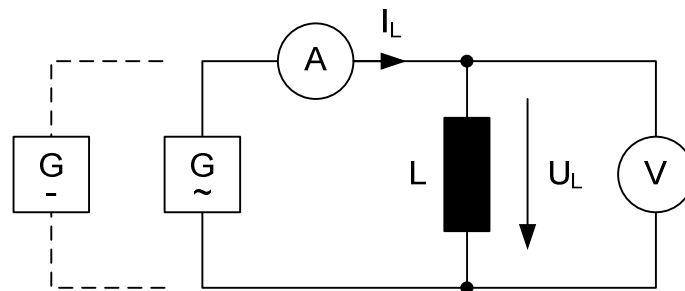


### 3. Comportement d'une bobine idéale sur une tension sinusoïdale

#### 3.1 Comparaison: tension continue et tension sinusoïdale sur une bobine presque idéale

##### montage:



(L=9mH N=600 Phywe ohne Eisenkern; f=10kHz)

##### valeurs mesurées:

###### tension continue:

$$U_L = 7,5V$$

$$I_L = 3A$$

$$R_L = \frac{U_L}{I_L} = \frac{7,5V}{3A} = \underline{\underline{2,5\Omega}}$$

###### tension sinusoïdale:

$$U_{EFF,L} = 5V$$

$$I_{EFF,L} = 8,8mA$$

$$X_L = \frac{U_{EFF,L}}{I_{EFF,L}} = \frac{5V}{0,0088A} = \underline{\underline{565\Omega}}$$

##### observation:

La bobine oppose au courant alternatif une résistance beaucoup plus importante qu'au courant continu.

##### remarques:

1. La résistance que la bobine oppose au courant alternatif est appelée réactance inductive  $X_L$ .
2. La résistance que la bobine oppose au courant continu est appelée résistance ohmique  $R_L$ .  
 $R_L$  d'une bobine idéale est  $0\Omega$ .

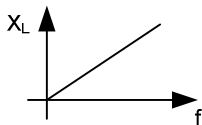
**explication de l'observation:**

Le courant alternatif à travers la bobine produit un champ magnétique alternatif. Ce champ induit dans la même bobine une tension (auto-induction) qui s'oppose au changement du courant. La tension auto-induite agit donc comme une résistance supplémentaire qui n'apparaît pas avec du courant continu.

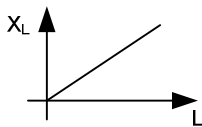
### 3.2 Dépendance de la réactance inductive $X_L$ de la fréquence $f$ et de l'inductance $L$ . $X_L=f(f)$ et $X_L=f(L)$ .

Dans l'essai 2 nous avons trouvé que:

1. La réactance inductive  $X_L$  est proportionnelle à la fréquence  $f$ .



2. La réactance inductive  $X_L$  est proportionnelle à l'inductance  $L$ .



Il en suit que:

$$X_L = \text{constante} \cdot f \cdot L$$

On peut montrer que la constante est  $2 \cdot \pi$ .

donc:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$X_L$  est la réactance inductive de la bobine en Ohm [ $\Omega$ ]

$f$  est la fréquence de la tension appliquée à la bobine en Hertz [Hz]

$L$  est l'inductance de la bobine en Henry [H]

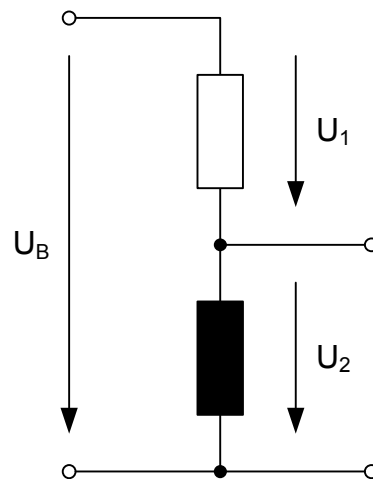
Une bobine augmente sa résistance  $X_L$  contre un courant alternatif si on augmente son inductance  $L$  ou la fréquence  $f$  du courant. Si on double la fréquence  $f$  ou l'inductance  $L$ , la bobine va doubler la réactance inductive  $X_L$ .

**Rappel sur l'inductance:**

L'inductance est une mesure pour l'intensité du champ magnétique. Plus le nombre de tours est grand, plus la bobine est compacte et plus il y a de noyau de fer, plus l'inductance sera grande.

**Exercices sur la dépendance de  $X_L$  de la fréquence  $f$  et de l'inductance  $L$ :**

1. Une bobine est branchée sur une tension alternative. Comment est-ce que le courant va changer si on réduit la fréquence? Argumentez votre réponse.
2. Quel est le risque si on branche une bobine presque idéale à une tension continue?
3. Une bobine est branchée sur une tension alternative. Comment est-ce que le courant va changer si on insert un noyau en fer dans la bobine? Argumentez votre réponse.
4. Une bobine est branchée sur une tension alternative. Comment est-ce que le courant va changer si on commence à débobiner la bobine pendant qu'elle est branchée? Argumentez votre réponse.
5. Dans un diviseur de tension on remplace la résistance  $R_2$  par une bobine. Comment est-ce que la tension de sortie va-t-elle changer si la fréquence du signal d'entrée augmente? Argumentez votre réponse.

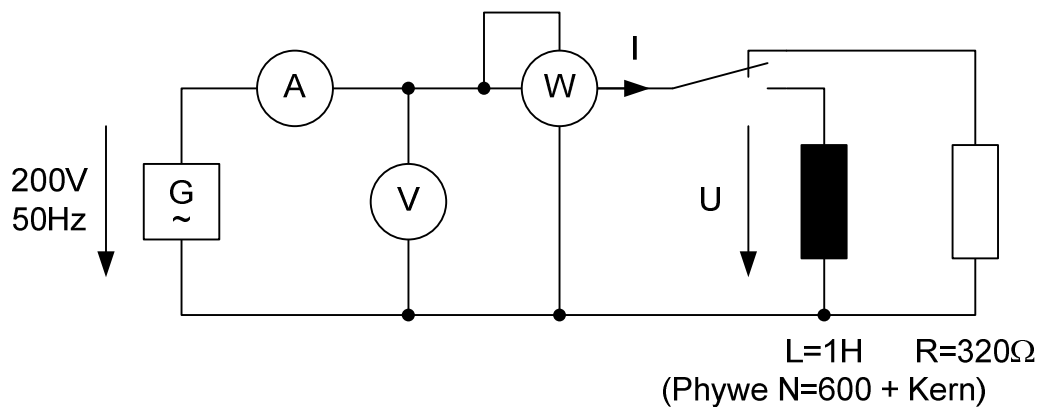


6. Modifiez le circuit suivant de façon à ce que les hautes fréquences n'apparaissent plus sur l'haut-parleur. Expliquez le fonctionnement de votre solution.



### 3.3 Consommation réelle d'une bobine presque idéale

#### montage:



#### valeurs mesurées:

sur la résistance ohmique:

$$U_R = 200\text{V}$$

$$I_R = 0,6\text{A}$$

$$\underline{P_R = 120\text{W} = U_R \cdot I_R}$$

sur une bobine presque idéale:

$$U_L = 200\text{V}$$

$$I_L = 0,6\text{A}$$

$$\underline{P_L = 0\text{W} \neq U_L \cdot I_L}$$

#### observation:

La puissance réelle  $P_L$  consommée par la bobine est beaucoup plus petit que le produit  $U_L \cdot I_L$ .

$$P_L \ll U_L \cdot I_L$$

#### conclusions:

- On ne peut pas utiliser la formule  $P = U \cdot I$  pour des bobines sur tension alternative.
- La puissance réelle  $P_L$  consommée par d'une bobine idéale est égale à zéro Watt, donc une bobine idéale réduit le courant alternatif sans se chauffer.

$$P_L = 0\text{W}$$

Pour comprendre ceci il faut considérer le déphasage entre la tension et le courant sur une bobine. Voir essai 3.

#### observation de l'essai 3:

**Le courant  $i_L(t)$  à travers une bobine idéale est déphasé de  $90^\circ$  en retard par rapport à la tension  $u_L(t)$  sur la bobine.  $\varphi_L = -90^\circ$ .**



### **Observations sur l'évolution de la puissance instantanée d'une bobine idéale:**

- Il y a des instants où la puissance est négative, c'est-à-dire où la bobine ne consomme pas d'énergie mais la retourne dans le réseau. Cette énergie a été stockée dans le champ magnétique qui était généré pendant le temps où la bobine a consommé de l'énergie.
- En moyenne la bobine idéale ne consomme et ne produit pas de l'énergie. C'est-à-dire:

$$\overline{p_L(t)} = P_L = 0W$$

$\overline{p_L(t)}$  est la moyenne arithmétique de la puissance instantanée (=puissance réelle).

- La fréquence de la puissance est deux fois plus grande que celle de la tension ou du courant.

### **3.5 Puissance réactive inductive $Q_L$**

Le produit  $U_{EFF,L} \cdot I_{EFF,L}$  sur une bobine idéale est appelé puissance réactive inductive  $Q_L$ .

$$Q_L = U_{EFF,L} \cdot I_{EFF,L}$$

$Q_L$  est la puissance réactive inductive en volt-ampère-réactif (abréviation: var).

$U_{EFF,L}$  est la tension sur la bobine idéale.

$I_{EFF,L}$  est le courant à travers la bobine idéale.

### **3.6 Couplage de bobines idéales**

#### **couplage en série:**

$$L_T = L_1 + L_2$$

#### **couplage en parallèle:**

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

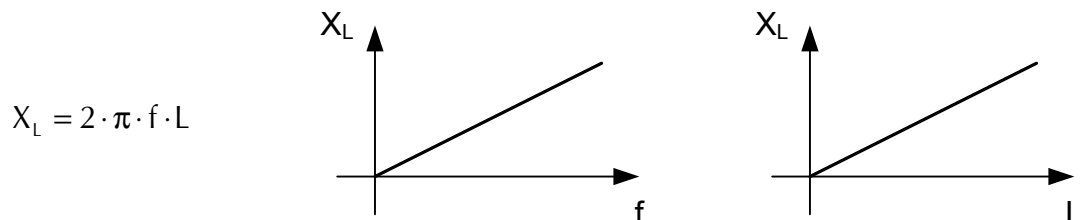
**Exercices sur la bobine idéale:**

1. Déterminez les coûts d'électricité si vous branchez une bobine idéale de 50mH pendant 3h sur le secteur. 1kWh  $\hat{=}$  15centimes
2. Deux bobines  $L_1=500\text{mH}$  et  $L_2=400\text{mH}$  sont branchées en parallèle sur le secteur.
  - a. Calculez l'inductance totale  $L_T$  en mH.
  - b. Calculez le courant total  $I_T$ .
  - c. Quelle est la puissance réactive inductive consommée par les deux bobines?
3. Une boucle d'un conducteur avec un diamètre de 1m a une inductance de  $1\mu\text{H}$ . Calculez sa réactance inductive pour une fréquence de 1MHz.
4. Décrivez comment on peut déterminer l'inductance d'une bobine qui ne porte aucune description.



### 3.7 Résumé sur la bobine

- Une bobine oppose au courant alternatif une résistance supplémentaire à la résistance ohmique du fil. Cette résistance supplémentaire est appelée réactance inductive  $X_L$ . Elle augmente avec la fréquence  $f$  et l'inductance  $L$ .



- $X_L = \frac{U_L}{I_L}$
- Le courant  $i_L$  à travers une bobine idéale est déphasé de  $90^\circ$  en arrière par rapport à la tension  $u_L$  sur la bobine. On écrit:  $\varphi = -90^\circ$
- Une bobine idéale ne consomme en moyenne pas d'énergie, donc elle ne se chauffe pas et on ne paye pas rien pour le courant qui la traverse.

$$\overline{p_L(t)} = P_L = 0W$$

- Le produit  $U_L \cdot I_L$  est appelé puissance réactive  $Q_L$ .
- Une bobine sur tension alternative sert à:
  - attirer du fer
  - induire une tension dans une autre bobine
  - réduire un courant alternatif sans se chauffer
  - bloquer des hautes fréquences
  - laisser passer des basses fréquences