

## TP 1

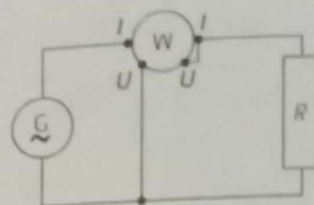
Comment mesurer la puissance moyenne consommée par un appareil électrique en régime alternatif ?

→ Mesurer une puissance active



## Matériel

- 1 générateur 6 V – 50 Hz
- 1 résistor de résistance  $R = 50 \Omega$
- 1 bobine avec  $L = 40 \text{ mH}$  et  $r = 13 \Omega$
- 1 wattmètre



## Protocole

- Réalisez le montage schématisé ci-dessus.
- En utilisant les fonctionnalités du wattmètre, mesurez la puissance électrique consommée  $P$ , la tension  $U$  et l'intensité du courant  $I$ .
- Dans le montage, ajoutez la bobine en série avec le résistor.
- Mesurez à nouveau  $P$ ,  $U$  et  $I$ .



Sécurité

Cette expérience présente-t-elle des risques pour les personnes, les biens et/ou l'environnement ? ▶ Sécurité, p. 15



## Observations et mesures

a) Recopiez le tableau ci-dessous et complétez-le.

Dipôle	$P$ (en W)	$U$ (en V)	$I$ (en A)	$U \times I$	$\frac{P}{U \times I}$
Résistor	...	...	...	...	...
Bobine	...	...	...	...	...

## Interprétation

- b) Proposez pour le résistor une relation entre  $P$ ,  $U$  et  $I$ .  
 c) Cette relation est-elle vérifiée pour une bobine ?

## Validation

Avec un compteur d'énergie portatif, on a mesuré la puissance électrique consommée  $P$ , dite « active », la tension efficace  $U$  et l'intensité efficace  $I$  pour un four composé de résistors ① et pour un moteur contenant des bobines ②.

- d) Observez les valeurs mesurées et choisissez l'écran qui correspond à chaque appareil. Justifiez vos choix.



①



②



## À vous de conclure !

Pour un résistor et pour une bobine, comparez la puissance active  $P$  au produit  $U \times I$ . Puis expliquez en quelques lignes comment mesurer la puissance moyenne consommée par un appareil électrique en régime alternatif.



## TP 2

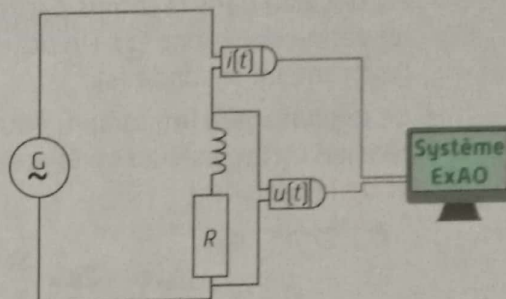
### Comment visualiser le déphasage et la puissance consommée par un appareil électrique ?

→ À l'aide d'un dispositif ExAO, réaliser le produit d'une tension aux bornes d'un dipôle et de l'intensité du courant qui le traverse



#### Matériel

- 1 générateur 12 V – 50 Hz
- 1 résistor de  $R = 50 \Omega$ .
- 1 bobine avec  $L = 40 \text{ mH}$  et  $r = 13 \Omega$
- 1 système ExAO
- Des capteurs tension et intensité



#### Protocole

- Réalisez le montage schématisé ci-dessus.
- Visualisez la tension et l'intensité instantanées  $u(t)$  et  $i(t)$ .
- Observez et notez les positions des courbes l'une par rapport à l'autre.
- À l'aide des fonctionnalités du logiciel, affichez la représentation de la puissance instantanée  $p(t)$  telle que  $p(t) = u(t) \times i(t)$ .
- Observez la courbe obtenue.



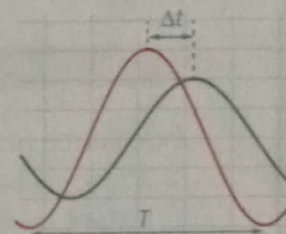
Sécurité

Cette expérience présente-t-elle des risques pour les personnes, les biens et/ou l'environnement ? [► **Sécurité**, p. 15]



#### Observations et mesures

- Mesurez la période  $T$  de  $u(t)$  et de  $i(t)$ .
- $u(t)$  et  $i(t)$  sont-elles en phase ? Si non, **mesurez** le décalage dans le temps  $\Delta t$  entre les deux courbes.
- La puissance instantanée  $p(t)$  est-elle périodique ? Si oui, **mesurez** sa période  $T_p$ .



#### Interprétation

- Quel est l'effet sur le décalage entre  $u(t)$  et  $i(t)$  du branchement d'une bobine dans un circuit alimenté en alternatif ?
- La puissance instantanée a-t-elle la même fréquence que la tension  $u(t)$  et l'intensité  $i(t)$  ?

#### Validation

Le facteur de puissance d'un dipôle est égal à  $\cos \varphi$  avec  $\varphi$

le déphasage :  $\varphi = 2\pi \times \frac{\Delta t}{T}$ .

- On modélise un moteur par une bobine branchée en série avec un résistor.

**Vérifiez** que, dans ce cas,  $\cos \varphi$  est inférieur à 1.

EMZ ELECTRIC MOTORS CE			
Motor 1 Phase	MEC	80	
V - 230	Hz - 50	IP 54	
HP / 1,5	KW	A 3,3	AC1 F
RPM - 2800		Cos $\varphi$ 0,55 S1	
Protector 12	A	CT 30	C2 100 $\mu$ F
Date 2013-2018		Ser : ZL1308090045	

#### À vous de conclure !

**Rédigez** un texte de quelques lignes pour **expliquer** l'effet du branchement d'une bobine dans un circuit comportant des résistors.



## 3

### 1 Déphasage et facteur de puissance

#### ► Déphasage $\varphi$ entre l'intensité et la tension

- En régime alternatif, à l'exception des circuits ne comportant que des résistors, l'intensité du courant est décalée dans le temps par rapport à la tension qui lui donne naissance ①. On note  $\Delta t$  ce **décalage** et on l'exprime en seconde (s).
- Le **déphasage**  $\varphi$  (en radian) entre l'intensité  $i(t)$  et la tension  $u(t)$  se calcule en fonction du décalage  $\Delta t$  et de la période  $T$ :

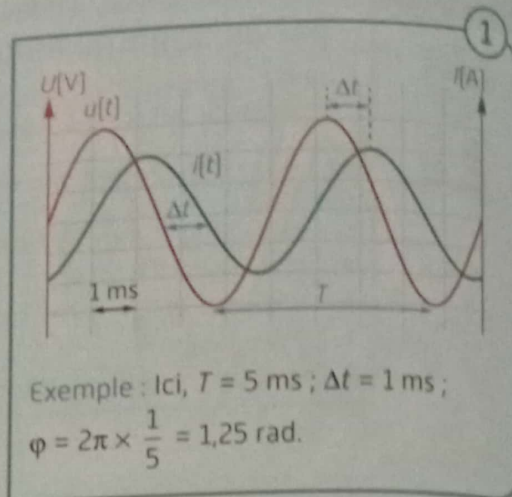
$$\text{rad} \rightarrow \varphi = 2\pi \times \frac{\Delta t}{T}$$

Remarque :  $-\frac{T}{2} \leq \Delta t \leq \frac{T}{2}$  donc  $-\pi \leq \varphi \leq \pi$ .

#### ► Facteur de puissance $\cos \varphi$

- Le **facteur de puissance** est le cosinus du déphasage **cos  $\varphi$** .
- Il est caractéristique du récepteur sur lequel il est mesuré :
  - pour un résistor,  $\cos \varphi = 1$  ;
  - pour un ensemble résistor + bobine ou pour une bobine seule :  $\cos \varphi < 1$  ②.

Remarque : Si le déphasage  $\varphi$  diminue, alors  $\cos \varphi$  se rapproche de 1.



EMZ ELECTRIC MOTORS CE		
Motor 1 Phase	MEC	80
V- 230	Hz : 50	IP 54
HP/ 15 KW	A 9,2	ACIF
RPM : 2800	<b>Cos <math>\varphi</math> 0,9</b>	S1
Protector 12 A	C1 30	C2 100 $\mu$ F
Date 2013-2018	Ser: 2L1308090044	

Plaque signalétique d'un moteur.

### 2 Puissance électrique

#### ► Puissance instantanée $p(t)$

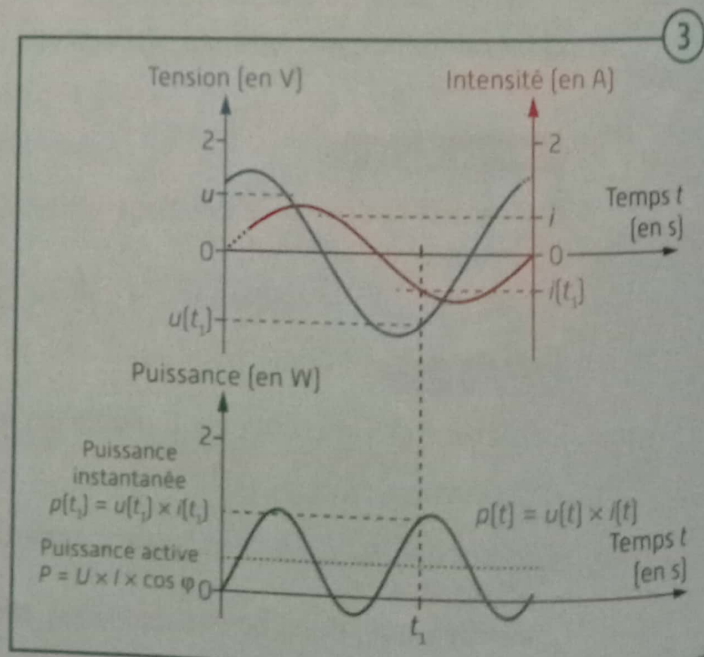
- À chaque instant, la puissance électrique instantanée  $p(t)$  (en watt) est égale au produit de la tension instantanée  $u(t)$  (en volt) par l'intensité instantanée  $i(t)$  (en ampère) :

$$p(t) = u(t) \times i(t)$$

W
V
A

- On peut construire mathématiquement  $p(t)$  à partir des courbes  $u(t)$  et  $i(t)$  ③.

Remarque : En régime alternatif sinusoïdal,  $u(t)$  et  $i(t)$  ont la même fréquence.



# Cours

## ► Puissance active $P$

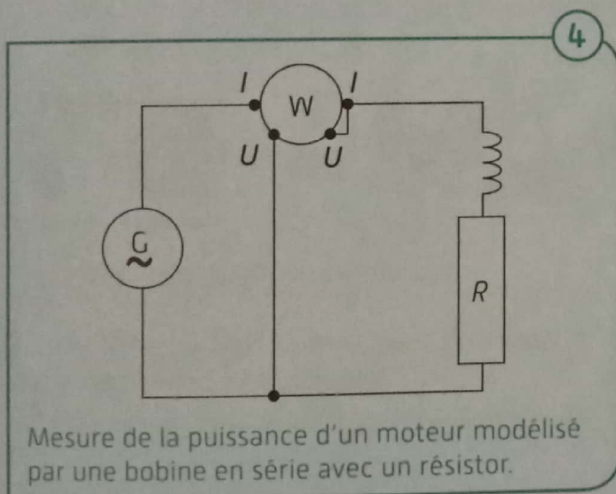
- Pour un récepteur soumis à une tension sinusoïdale monophasée, la **puissance active  $P$**  est la puissance électrique consommée (ou absorbée) et correspond à la puissance effectivement convertie par le dipôle. Elle est égale à la moyenne au cours d'une période  $T$  donnée de la puissance instantanée (3).
- La puissance active dépend de la tension efficace  $U$ , de l'intensité efficace  $I$  et du déphasage  $\varphi$  :

$$P = U \times I \times \cos \varphi$$

W                      V                      A                      rad

*Remarque* :  $\cos \varphi$  s'exprime sans unité.

- La puissance active est obtenue avec un **wattmètre** qui mesure la tension  $U$  et l'intensité  $I$  puis calcule la puissance  $P$  (4) et (5).



### • Ordre de grandeur :

- dans le cas d'un **résistor**, le facteur de puissance est égal à 1 donc :

$$P_{\text{absorbée-résistor}} = U \times I ;$$

- dans le cas d'un **moteur**,  $\cos \varphi < 1$  donc :

$$P_{\text{absorbée-moteur}} < U \times I .$$

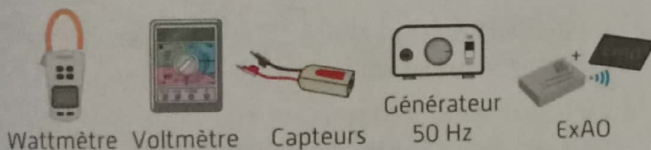
## À l'oral

- 1 a) Qu'est-ce qu'une grandeur instantanée ?  
b) Expliquez comment on détermine le déphasage entre une tension et l'intensité d'un courant.
- 2 La valeur du facteur de puissance est-elle liée à la composition du circuit ou au générateur ?
- 3 a) Quel protocole faut-il appliquer pour visualiser  $p(t)$  ?  
b) Quel est le lien entre la puissance active et la puissance instantanée ?  
c) Dans quels cas, en régime alternatif,  $P \neq U \times I$  ?

## Applications directes

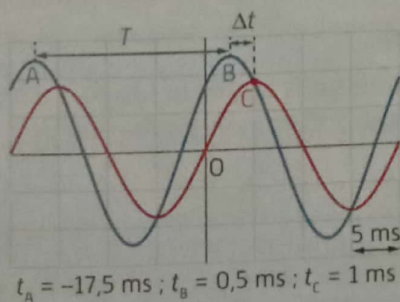
### Déphasage et facteur de puissance

- 4 a) Parmi le matériel ci-dessous, choisissez celui qui permet de mesurer le décalage  $\Delta t$  afin de calculer le déphasage  $\varphi$  entre une tension et une intensité.



- b) Proposez un schéma du montage.

- 5 L'oscillogramme ci-dessous représente deux signaux électrique sinusoïdaux



- a) Notez les valeurs des instants  $t_A$ ,  $t_B$  et  $t_C$  auxquels les courbes passent par les points A, B et C.
- b) Calculez la période  $T$  et le décalage  $\Delta t$  puis le déphasage  $\varphi$  entre les deux courbes.

### 6 In English!

- a) Calculate the phase shift  $\varphi$  corresponding to a power factor of 0.82.
- b) Calculate the offset  $\Delta t$  corresponding to a phase shift  $\varphi = 0.5 \text{ rad}$  if  $T = 20 \text{ ms}$ .

### Puissance électrique

- 7 En utilisant la formule  $P = U \times I \times \cos \varphi$ , calculez les valeurs A, B et C permettant de compléter le tableau ci-dessous.

P [en kW]	U [en V]	I [en A]	cos $\varphi$
1,4	230	6,5	B
A	230	9,7	0,86
4,5	230	20,5	C

- 8 a) Sur la plaque signalétique ci-dessous, relevez la tension d'alimentation  $U$ , l'intensité nominale  $I$  et le facteur de puissance  $\cos \varphi$ .

CE Elektromotorenwerk EMGR	
EDS 80 K 2-A1AA-S	03/2013
IP 54	1,1 kW
230 V	6,5 A
$C_A$ 80 $\mu\text{F}$ /280 V	$C_B$ 30 $\mu\text{F}$ /450 V
2830 min <sup>-1</sup>	WNL F
max. 20 Schaltungen/h	
cos $\varphi$ 0,98	
50 Hz	
EN 60034	

- b) Calculez la puissance électrique absorbée  $P$  par ce moteur.

- 9 Un élève a rédigé une réponse en commentant deux erreurs.


- a) Quelle est la grandeur recherchée ?
- b) Rédigez le calcul en corrigeant les erreurs de l'élève et proposez une phrase de réponse.

Intensité = ?  
 Puissance = 1 kW  
 Tension = 230 V  
 Facteur de puissance = 0,86  
 $P = U \times I \times \cos \varphi$   
 $I = \frac{P}{U \cos \varphi}$   
 $I = \frac{1}{230 \times \cos(0,86)}$   
 $I = 0,007 \text{ A}$

## Problèmes par compétences

## Problème corrigé

10 Quelle protection électrique choisir ?

Co-intervention 

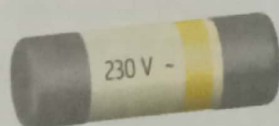
Problématique professionnelle



Un technicien de maintenance doit remplacer dans l'urgence un moteur monophasé défectueux. Lors d'un appel à son fournisseur, il a noté les informations ci-contre sur le moteur qu'il lui propose.

Moteur mono ; Alim 230V-50Hz ;  
 $P_a = 2,1 \text{ kW}$  ;  $\cos \varphi = 0,84$ .

La ligne qui protège le moteur défectueux est protégée par un fusible de calibre 10 A. Cette protection est-elle adaptée au nouveau moteur ?



## CORRIGÉ

1) a)  $U_{\text{eff}} = 230 \text{ V}$  ;  $f = 50 \text{ Hz}$ .

Puissance active :  $P_a = 2,1 \text{ kW} = 2\,100 \text{ W}$  ;  
 $\cos \varphi = 0,84$ .

b) Il s'agit de l'intensité maximale que le fusible laisse passer dans le circuit. En cas de dépassement, le fusible ouvre le circuit.

2) a)  $P = U \times I \times \cos \varphi$ b)  $I_{\text{nominal}} < 10 \text{ A}$ 

Protocole : calculer l'intensité nominale à partir des valeurs notées et de la formule.

$$3) I = \frac{P}{U \times \cos \varphi} = \frac{2\,100}{230 \times 0,84} = 10,86 \text{ A}$$

## 1) S'approprier

a) Nommez les grandeurs physiques dont le technicien a noté les valeurs.

b) Pour un fusible, que signifie « calibre 10 A » ?

## En physique

## 2) Analyser-Raisonner

a) Donnez la relation qui lie les grandeurs  $P$ ,  $U$ ,  $I$  et  $\cos \varphi$ .

b) Proposez une méthode pour répondre à la problématique.

## 3) Réaliser

Calculez l'intensité nominale du nouveau moteur. Arrondissez le résultat au dixième.



Une valeur « nominale » est une valeur de fonctionnement donnée par le fabricant.

## En enseignement professionnel

## 4) Valider

a) La protection de calibre 10 A est-elle adaptée pour protéger ce moteur ?

b) Le fournisseur propose un nouveau moteur ayant les mêmes caractéristiques à l'exception du facteur de puissance qui est de 0,92.

Ce moteur peut-il être installé en toute sécurité ?



## 5) Communiquer

Rédigez en quelques lignes le rapport d'incident en justifiant le choix du nouveau moteur.

4) a) Le moteur proposé nécessite une trop grande intensité pour être protégé par le fusible de calibre 10 A.

$$b) I_2 = \frac{P}{U \times \cos \varphi} = \frac{2\,100}{230 \times 0,92} = 9,9 \text{ A.}$$

L'intensité est inférieure au calibre du fusible. Ce moteur convient.

5) La ligne utilisée pour alimenter le moteur est protégée par un fusible de calibre 10 A. Le nouveau moteur ne doit pas nécessiter une intensité supérieure à 10 A. Cette contrainte est respectée avec un moteur dont  $\cos \varphi = 0,92$ .

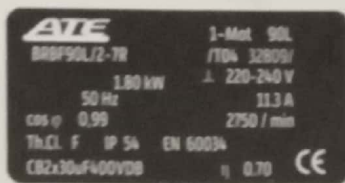


## 11 Comment vérifier le facteur de puissance ?

Co-intervention

Problématique professionnelle

On souhaite vérifier le facteur de puissance du moteur dont la plaque signalétique est donnée ci-contre.



Matériel : 1 multimètre [voltmètre et ampèremètre] et 1 wattmètre.

### 1) S'approprier

Relevez le facteur de puissance du moteur sur la plaque signalétique.

En physique

### 2) Analyser-Raisonner

- Donnez la relation entre les grandeurs  $P_{\text{absorbée}}$ ,  $U$ ,  $I$ ,  $\cos \varphi$ .
- Proposez un protocole permettant de déterminer le facteur de puissance à partir de mesures effectuées avec le matériel proposé. Réalisez le schéma du montage lors des mesures.

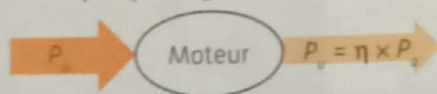
### 3) Réaliser

On a mesuré  $P_{\text{absorbée}} = 2\,360\text{ W}$  ;  $U = 230\text{ V}$  ;  $I = 10,9\text{ A}$ . Calculez le facteur de puissance du moteur.

En enseignement professionnel

### 4) Valider

- La valeur mesurée vérifie-t-elle la valeur notée sur la plaque signalétique ?
- La plaque signalétique indique la puissance mécanique utile  $P_u = 1,8\text{ kW}$  et le rendement  $\eta = 0,70$ . Les valeurs mesurées vérifient-elles les valeurs notées sur la plaque signalétique ?



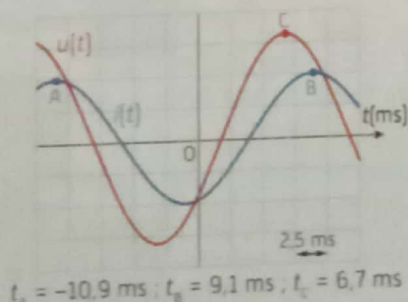
### 5) Communiquer

Rédigez en quelques lignes un compte rendu des mesures. Critiquez les valeurs notées sur la plaque signalétique.

## 12 Comment relever le $\cos \varphi$ ?

Professionnel

Une entreprise s'est engagée auprès de son fournisseur d'électricité à ce que le  $\cos \varphi$  de son installation électrique soit supérieur à 0,928. Un



technicien mesure la tension et l'intensité instantanée et obtient l'oscillogramme précédent.

### 1) S'approprier

- Que représente  $\varphi$  ?
- Quelle est la contrainte sur le facteur de puissance ?

### 2) Analyser-Raisonner

Quelle relation permet de calculer le déphasage  $\varphi$  à partir de la mesure du décalage  $\Delta t$  entre  $u(t)$  et  $i(t)$  et de la période  $T$  ?

### 3) Réaliser

- Déterminez le décalage  $\Delta t$  entre la tension et l'intensité ainsi que la période  $T$ .
- Calculez le déphasage  $\varphi$  et le facteur de puissance  $\cos \varphi$ .

### 4) Valider

- L'entreprise respecte-t-elle ses engagements ?
- Après avoir placé des condensateurs en parallèle de l'installation, le technicien mesure un déphasage  $\varphi = 0,342\text{ rad}$ . Cette valeur convient-elle ?

### 5) Communiquer

Rédigez en quelques lignes le compte rendu d'intervention du technicien.

## Démarche scientifique

### 13 Le facteur de puissance a-t-il la bonne valeur ?

Les fournisseurs d'énergie électrique proposent plusieurs types d'abonnements suivant les appareils que le client souhaite faire fonctionner simultanément. Le tableau ci-dessous indique, pour l'intensité maximale délivrée, le calibre du disjoncteur suivant la puissance souscrite.

Puissance souscrite	3 kW	6 kW	9 kW	12 kW
Calibre disjoncteur	15 A	30 A	45 A	60 A

Le fournisseur d'énergie impose que le facteur de puissance soit supérieur à 0,869. Cette contrainte est-elle systématiquement respectée pour chaque abonnement ?

### 14 Comment lire la plaque signalétique d'un moteur ?

Calculez la puissance active nominale consommée par le moteur dont la plaque signalétique est donnée ci-contre.

