

Radio-Club de la Haute Île



**F5KFF / F6KGL**

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

# Le cours de F6KGL

présenté par F6GPX

## Technique

### Chapitre 1- Première partie

### Les bases de l'électricité

Ce document a servi pour le cours enregistré le **12/01/2018**.

Ce document (*PDF*), le fichier audio (*MP3*) et les liens des vidéos (*Youtube*) sont disponibles sur la page <http://f6kgl-f5kff.fr/lespodcasts/index.html>



# 1-1) Les bases de l'électricité



Alessandro Volta  
1745 – 1827  
Pile Zinc-Charbon (1800)



Volta présente sa pile à Napoléon (nov. 1801)

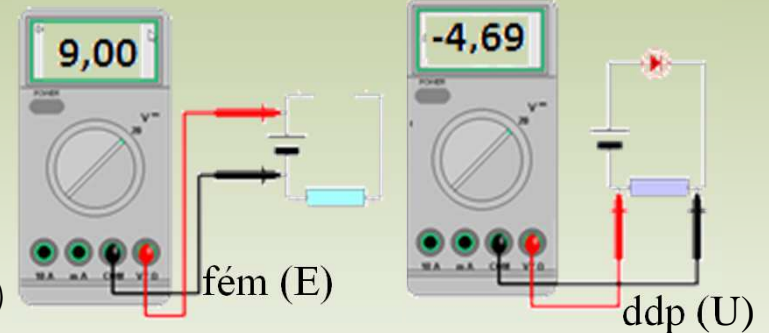
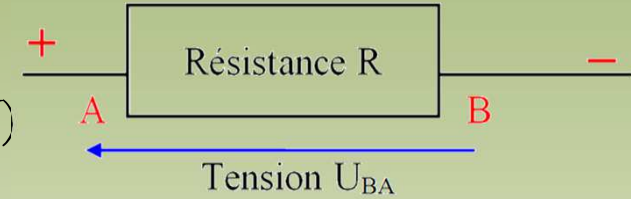


André-Marie Ampère  
1755 – 1836  
Relation entre magnétisme et électricité (1820)

## • L'électricité repose sur 4 grandeurs :

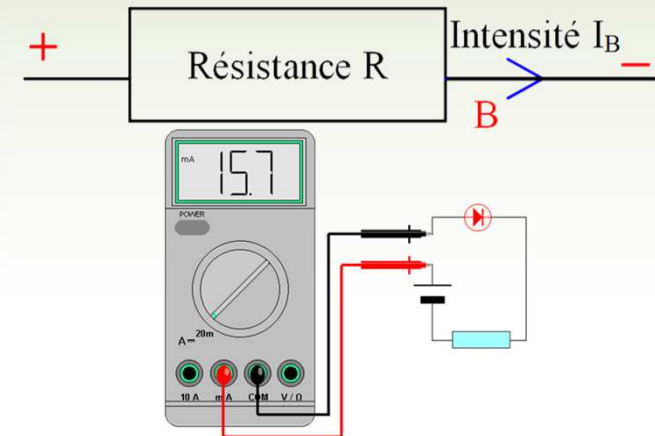
### • la tension

- notée  $U$  (ou  $E$ ), donnée en volts (V)
- représentation
  - flèche entre deux points
  - tension de référence
- mesure (avec un voltmètre)
  - force électromotrice (fém)
  - différence de potentiel (ddp)



### • l'intensité

- notée  $I$  et donnée en ampères (A)
- représentation
  - sens du courant (flèche sur le circuit)
  - sens électrique et sens électronique
- mesure (avec un ampèremètre)



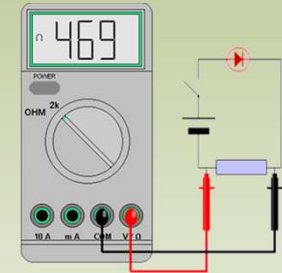


# 1-1) Les bases de l'électricité

## L'électricité repose sur **4 grandeurs** :

### la **résistance**

- notée R et donnée en ohms ( $\Omega$ )
- ne pas confondre le phénomène et le composant
- représentation schématique
- mesure (avec un multimètre)
- ce composant sera présenté en détail dans le prochain cours*

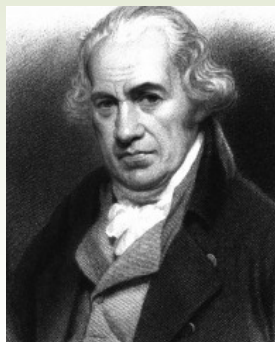
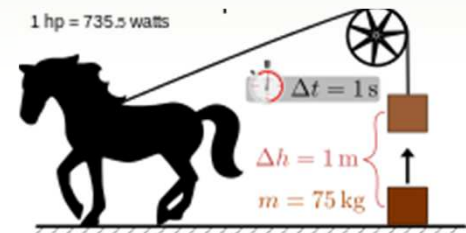
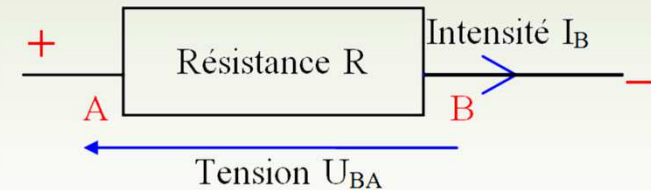


Georg Simon Ohm  
1789 – 1854  
Théorie du circuit galvanique (Die galvanische Kette, 1827)

### la **puissance**

- notée P et donnée en watts (W)
- puissance disponible
  - source
- puissance consommée
  - thermique (chaleur)
  - électrochimique (chargement d'un accu)
  - électromagnétique (champ d'une antenne)
  - mécanique (moteur)
    - 1 cheval-vapeur = 735,5 W = 75 kg·m·s<sup>-1</sup>

Chaleur dégagée = Puissance P<sub>R</sub>



James Watt  
1736 – 1819  
Améliore la machine à vapeur (1765) et définit le cheval-vapeur (1780)



## 1-2) Lois d'Ohm et de Joule

- Loi d'Ohm :  **$U = R \times I$**
- Loi de Joule :  **$P = U \times I$** 
  - Ces deux lois sont **fondamentales** car elles expriment les relations entre les quatre grandeurs de base de l'électricité
  - En développant ces formules (en faisant appel à l'algèbre), on obtient les relations suivantes :
    - **$R = U / I$  et  $I = U / R$**
    - **$U = P / I$  et  $I = P / U$**
  - Mais aussi, en mariant les lois d'Ohm et de Joule, on obtient:
    - **$P = U \times I = U \times (U/R) = U^2 / R$**
    - **$P = U \times I = (R \times I) \times I = R \times I^2$**
  - De ces deux dernières formules, on peut encore obtenir les variantes suivantes :
    - **$R = U^2 / P$     $U = \sqrt{PR}$     $R = P / I^2$     $I = \sqrt{P/R}$**

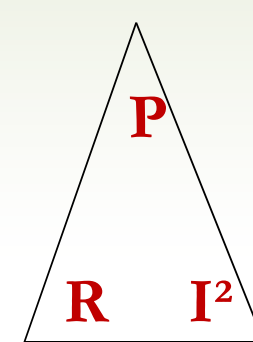
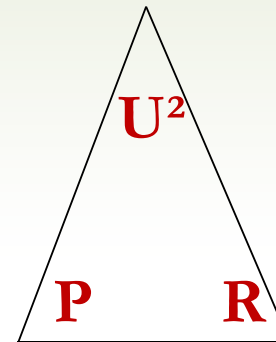
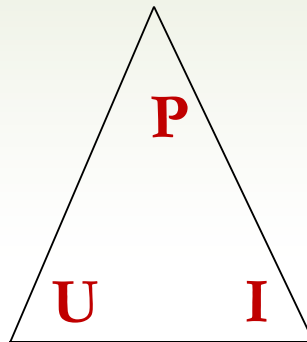
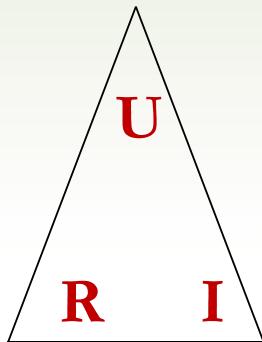


## 1-2) Lois d'Ohm et de Joule

- Le tableau ci-dessous résume les 12 formules

	P en watts	U en volts	I en ampères	R en ohms
P (W)		$R = U^2 / P$	$R = P / I^2$	$\sqrt{(P / R)}$
U (V)	$I = P / U$		$R = U / I$	<b><math>P = U^2 / R</math></b>
I (A)	$U = P / I$	<b><math>P = U \cdot I</math></b>		<b><math>P = R \cdot I^2</math></b>
R ( $\Omega$ )	$U = \sqrt{(P \cdot R)}$	$I = U / R$	<b><math>U = R \cdot I</math></b>	

- Les quatre équations en **rouge** ci-dessus servent de base aux quatre triangles de calcul simplifié :





## 1-2) Lois d'Ohm et de Joule

- Les deux premiers triangles sont ceux des lois d'Ohm et de Joule
- Astuce pour retrouver les 2 derniers triangles :

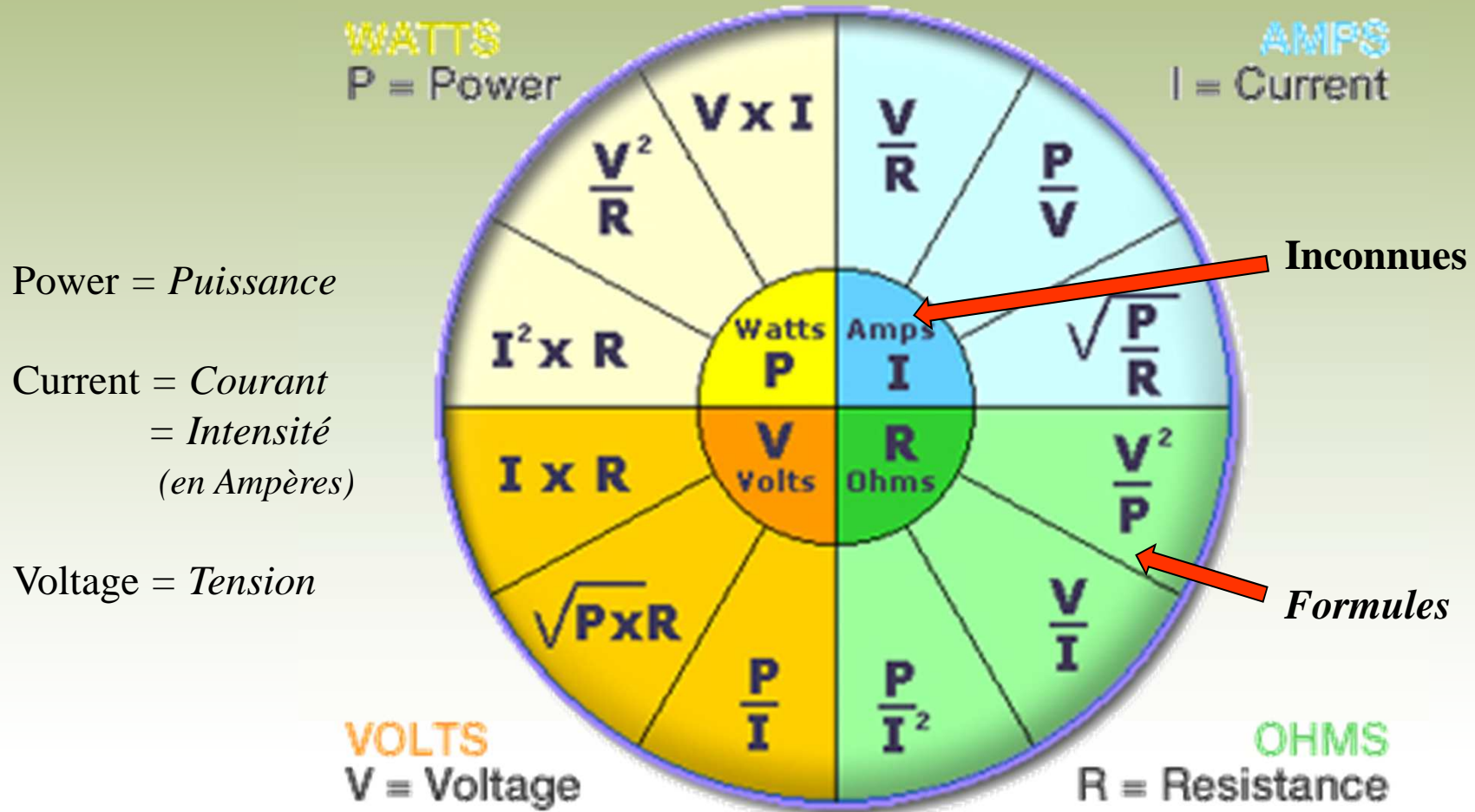
$U$	$P$	<i>multiplication</i>	$U$	$P$	$\Rightarrow$	$P$
$RI$	$UI$		$RI$	$UI$	$\Rightarrow$	$RII$

$U$	$P$	<i>division</i>	$U$	$UI$	$\Rightarrow$	$UU$
$RI$	$UI$	<i>(inversion)</i>	$RI$	$P$	$\Rightarrow$	$RP$



# 1-2) Lois d'Ohm et de Joule

- Autre représentation synthétique : la « roue électrique »





## 1-2) Lois d'Ohm et de Joule

- Exemples :

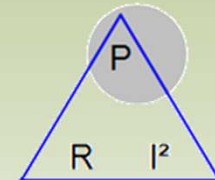
**Exemple 1 :** soit une résistance de  $1.500 \Omega$  parcourue par un courant  $0,1 \text{ A}$ . Quelle est la tension à ses bornes ? Quelle est la puissance dissipée ?

$$U = R \cdot I = 1.500 \times 0,1 = 150 \text{ V}$$

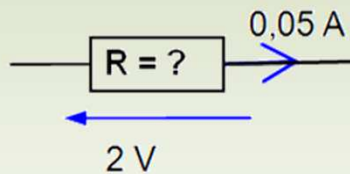
$$P = U \cdot I = 150 \times 0,1 = 15 \text{ W}$$

$$\text{ou } P = R \cdot I^2 = 1.500 \times 0,1 \times 0,1 = 15 \text{ W}$$

$$\text{ou encore } P = U^2 / R = (150 \times 150) / 1.500 \\ = 22.500 / 1.500 = 15 \text{ W}$$



**Exemple 2 :**  $P = ?$

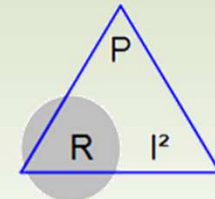


$$P = U \cdot I = 2 \times 0,05 = 0,1 \text{ W}$$

$$R = U / I = 2 / 0,05 = 40 \Omega$$

$$\text{ou } R = P / I^2 = 0,1 / (0,05 \times 0,05) = 0,1 / 0,0025 = 40 \Omega$$

$$\text{ou encore } R = U^2 / P = 2^2 / 0,1 = 4 / 0,1 = 40 \Omega$$







## 1-3) autres unités

- Le **coulomb**



Charles-Augustin de  
Coulomb  
1736 – 1806  
Balance de Coulomb  
mesurant la force entre 2  
charges électriques (1784)

- est noté **C**
- représente une **quantité d'électricité** (notée **Q**), c'est-à-dire un nombre d'électrons
  - précisément :  $6,25 \cdot 10^{18}$  électrons (*6 milliards de milliards*)
- l'intensité est un débit et correspond au passage d'électrons par unité de temps. Un ampère est égal à un coulomb par seconde, soit la relation suivante :
  - $I(A) = Q(C) / t(s)$  ou (variante)  $Q(C) = I(A) \cdot t(s)$**
  - autre unité d'électricité : **ampère-heure** (*Ah*) :  **$1 Ah = 3600 C$**

- Le **joule**



James Prescott Joule  
1818 – 1889  
Expériences sur  
l'équivalent mécanique de  
la chaleur (1843)

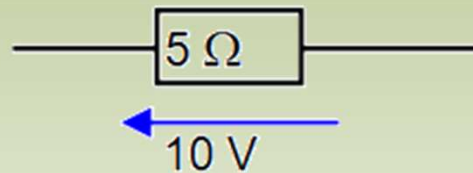
- est noté **J**
- représente une quantité d'**énergie disponible** (notée **E**) ou une quantité d'**énergie consommée** (travail et notée **W**)
- un watt est égal à un joule par seconde, soit la relation suivante:
  - $P(W) = E$  ou  $W(J) / t(s)$  ou  $E$  ou  $W(J) = P(W) \cdot t(s)$**
  - autre unité d'énergie : **wattheure** (*Wh*) :  **$1 Wh = 3600 J$**



## 1-3) autres unités

- Exemple :

Exemple : Calculer Q en Coulombs et W en Joules



Temps (t) = 30 secondes

Réponses :

$$Q(C) = I \cdot t = (U / R) \cdot t = (10 / 5) \cdot 30 = 2 \times 30 = 60 \text{ C}$$

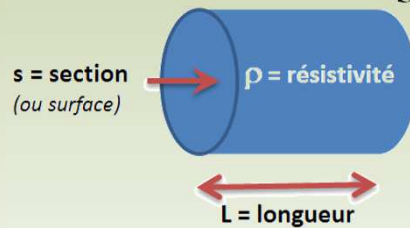
$$W(J) = P \cdot t = (U^2 / R) \cdot t = (10 \times 10 / 5) \times 30 = 20 \times 30 = 600 \text{ J}$$

$$\text{ou } W(J) = U(V) \cdot Q(C) = 10 \times 60 = 600 \text{ J}$$



## 1-4) la résistivité

- **La résistivité** est un nombre qui caractérise le pouvoir d'un matériau à résister au passage du courant électrique continu à une température définie (20°C en général).
  - la résistivité est notée  $\rho$  (*rhô*) et se définit en  $\Omega m$ .
  - la résistance d'un corps dépend de sa résistivité mais aussi de ses dimensions. Si le corps est homogène, la résistance est :



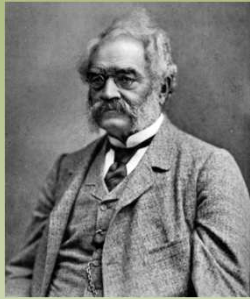
- proportionnelle à la longueur
- inversement proportionnelle à la section (*et non pas diamètre*)
- donnée par la formule :  $R(\Omega) = \rho(\Omega m) \cdot L(m) / s(m^2)$
- *résistivité ( $\rho$ ) de quelques matériaux à 20°C :*

Matériau	$\Omega m$	Matériau	$\Omega m$	Matériau	$\Omega m$	Matériau	$\Omega m$	Matériau	$\Omega m$
Argent	$1,6 \cdot 10^{-8}$	Cuivre écroui	$1,8 \cdot 10^{-8}$	Or	$2,2 \cdot 10^{-8}$	Aluminium	$3 \cdot 10^{-8}$	Laiton	$6 \cdot 10^{-8}$
Fer	$1 \cdot 10^{-7}$	Constantan	$4,9 \cdot 10^{-7}$	Nichrome	$1,1 \cdot 10^{-6}$	Eau de mer	0,3	Germanium	0,46
Silicium	640	Eau pure	$2 \cdot 10^5$	Air sec	$1,13 \cdot 10^9$	Porcelaine	$10^{11}$	Polyéthylène	$10^{15}$
Papier	$10^{15}$	Bakélite	$10^{16}$	Plexiglas	$10^{17}$	Quartz	$7 \cdot 10^{17}$	Polystyrène	$10^{20}$

- *conducteur : moins de  $10^{-5} \Omega m$*
- *isolant : plus de  $10^5 \Omega m$*



## 1-4) la résistivité

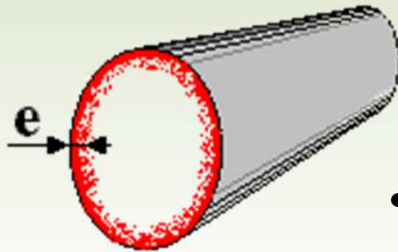


Ernst Werner von  
Siemens 1816 – 1892  
Inventeur de la dynamo  
électrique (1866) et du HP  
électrodynamique (1877)

- La **conductivité** est le pouvoir d'un matériau à laisser passer le courant électrique (inverse de la résistivité)
  - notion de **conductance**, inverse de la résistance (en Siemens,  $S = 1/\Omega$ )
- **Densité de courant**, mesurée en  $A/mm^2$ 
  - ordre de grandeur pour du cuivre écroui :  $5A/mm^2$
- **Effet de peau** : plus la fréquence du courant augmente, plus le courant se déplace en surface du conducteur, ce qui augmente sa résistance
  - estimation de l'épaisseur de la peau dans un fil de cuivre :

$$e(\mu m) = 66 / \sqrt{F(MHz)}$$

9,4 mm à 50 Hz ; 0,5 mm à 20 kHz ; 66  $\mu m$  à 1 MHz ;  
12  $\mu m$  à 30 MHz ; 5  $\mu m$  à 150 MHz et 2  $\mu m$  à 1 GHz



- pour limiter l'effet de peau, on pourra utiliser :
  - un câble composé de plusieurs fils de petit diamètre (de préférence à un câble monobrin) car ceci augmente la section dans laquelle peut se déplacer le courant HF et donc diminue la résistance du fil
  - du fil recouvert d'un matériau très conducteur (cuivre argenté) ou traité en surface de manière à ce qu'il ne s'oxyde pas (cuivre émaillé) car l'oxydation rend souvent un métal isolant



# Les questions posées à l'examen

- Quelles sont les formules exactes :

Formule 1 :  $U = R + I$

Formule 2 :  $W = P / t$

Formule 3 :  $I = \sqrt{P \times R}$

Formule 4 :  $P = U I t$

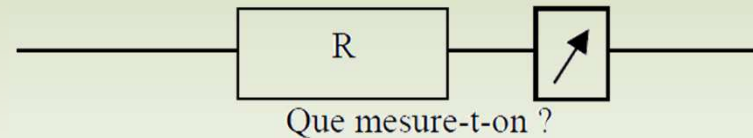
- aucune - *bonne réponse*
- 2 et 3
- 1, 2, 3
- 2 et 4



Nombreuses  
questions recensées

- Que mesure-t-on ?

- intensité – *bonne réponse*
- tension
- puissance
- résistance

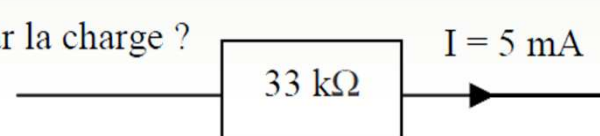


*L'appareil de mesure représenté par le rectangle avec la flèche est un ampèremètre*

- Puissance dissipée par R ?

- 825 mW – *bonne réponse*
- 165 mW
- 6,6 W
- 8,25 W

Puissance dissipée par la charge ?



Nombreuses  
questions recensées

$$P = R \times I^2 = 33000 \times 0,005 \times 0,005 = 0,825 \text{ W} = 825 \text{ mW}$$

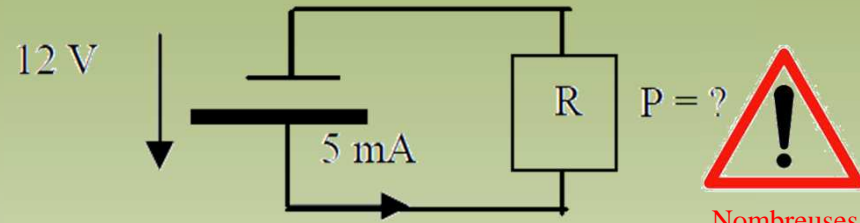


# Les questions posées à l'examen

## • Puissance dissipée dans R ?

- 60 mW – *bonne réponse*
- 100 W
- 10 mW
- 16,7 W

$$P = U \times I = 12 \times 0,005 = 0,06 \text{ W} = 60 \text{ mW}$$



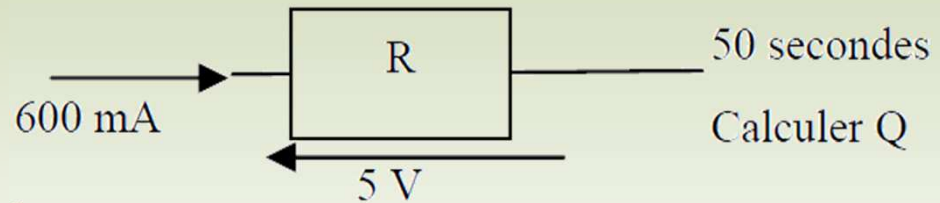
Nombreuses questions recensées

## • Calculer Q

- 30 C - *bonne réponse*
- 250 C
- 150 C
- 417 C

$$Q = I \times t = 0,6 \text{ A} \times 50 \text{ s} = 30 \text{ C.}$$

*la tension aux bornes de la résistance ne sert à rien dans le calcul*





# Chapitre 1 – 1<sup>ère</sup> partie

## Le montage de la soirée

- Soit une résistance reliée à une pile
  - Présentation d'une plaque d'essai
  - A l'aide du multimètre, mesurer la tension aux bornes de la résistance et l'intensité parcourue
  - En déduire la valeur de la résistance et la puissance dissipée



Radio-Club de la Haute Île



**F5KFF / F6KGL**

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

# Le cours de F6KGL

était présenté par F6GPX

**Bon week-end à tous et à la semaine prochaine !**

**Retrouvez-nous tous les vendredis soir au Radio-Club de la Haute Île à Neuilly sur Marne (93) F5KFF-F6KGL, sur 144,575 MHz (FM) ou sur Internet.**

Tous les renseignements sur ce cours et d'autres documents sont disponibles sur notre site Internet, onglet "*Formation F6GPX*"

[f6kgl.f5kff@free.fr](mailto:f6kgl.f5kff@free.fr)

<http://www.f6kgl-f5kff.fr>