

# Mesures en courant continu

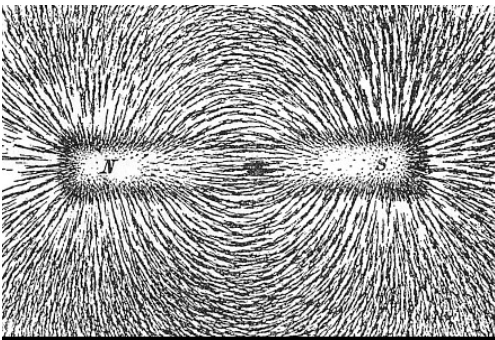
## 1) Effet magnétique du courant électrique

### a) bobine

On appelle **bobine** ou **self** tout enroulement de fil conducteur. Une bobine est constituée d'un certain nombre de **spires** isolées les unes des autres (disjointes) soit par de l'air soit jointives mais alors le fil est recouvert d'un isolant.

### b) bobine parcourue par un courant

Quand une bobine est parcourue par un courant, elle se comporte comme un aimant. **C'est l'effet magnétique du courant électrique**. Une face Nord et une face Sud apparaissent aux extrémités de la bobine. Le courant dans la bobine détermine la position de la face nord et de la face sud. Autour de la bobine s'établit **un champ magnétique**.



Champ magnétique autour d'un aimant

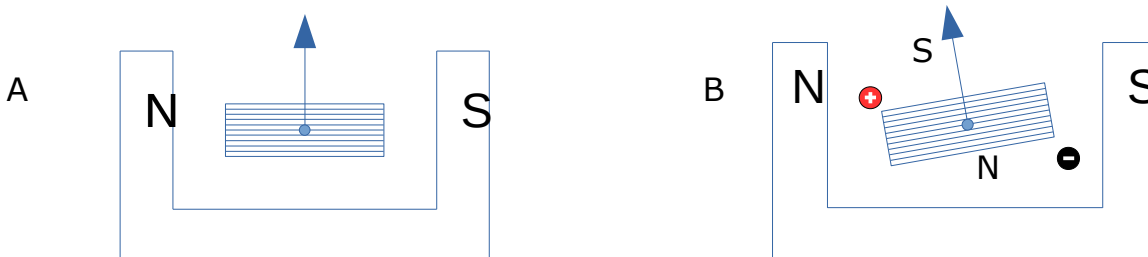
On trouve autour d'un aimant permanent un champ magnétique. Autour de celui-ci des lignes de champ invisibles (que l'on peut mettre en évidence avec de la limaille de fer) joignent le pôle Nord au pôle Sud. Une aiguille de boussole va spontanément se placer tangentiellement aux lignes de force.

**Dans le cas d'une bobine, le champ magnétique n'apparaît que quand elle est parcourue par un courant.**

L'unité de champ magnétique est le **Tesla (T)**

### c) bobine parcourue par un courant continu en présence d'un aimant

Plaçons une bobine mobile autour d'un axe dans le champ magnétique d'un aimant

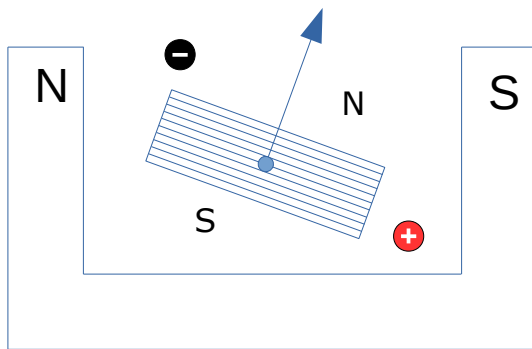


A : La bobine n'est pas alimentée.

B : La bobine est alimentée, elle se comporte comme un aimant, son pôle nord est attiré par le pôle sud de l'aimant (et inversement).

La déviation est d'autant plus grande que l'intensité du courant est forte.

Changeons le sens du courant



L'aiguille dévie dans l'autre sens.

Ce dispositif est appelé **galvanomètre** (ici, il est à zéro central). Le fil de la bobine est très fin, il ne supportera qu'un **très faible courant**, seulement quelques milliampères. C'est un **milliampèremètre**. Le fil utilisé pour la bobine a une certaine résistance, c'est la **résistance interne** du galvanomètre.



Galvanomètre de calibre 50 microampères

Comment dans ces conditions mesurer des intensités plus fortes ?

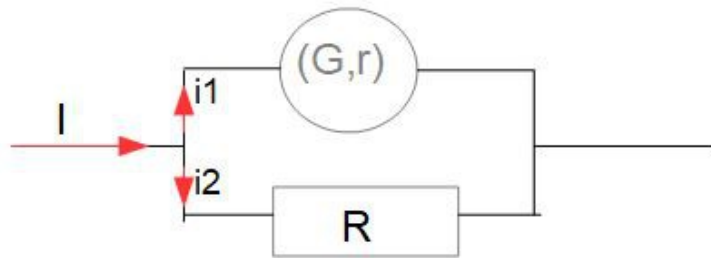
## 2°) Un ampèremètre analogique.

Analogique : une aiguille se déplace devant un cadran.

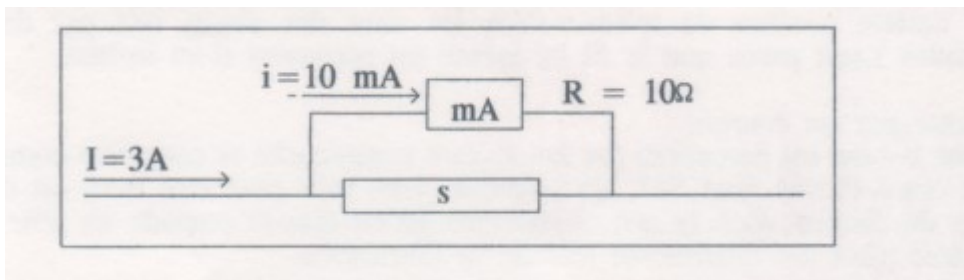
Numérique : l'affichage est directement sous forme de nombres sur un écran.

Un ampèremètre analogique contient un galvanomètre. Si la déviation totale de l'aiguille se produit pour une intensité de 10 mA, on dit que son **calibre** est 10 mA. Pour mesurer des intensités supérieures, on utilise les propriétés du montage en parallèle.

On place en **parallèle** de la bobine de résistance R connue une résistance très faible s appelée **shunt**.



Le courant à mesurer se partage en deux parties :  
 un courant très faible  $i_1$  dans la bobine du galvanomètre  
 un courant fort  $i_2 = I - i_1$  dans le shunt R



a) un exemple de calcul de shunt

Les caractéristiques d'un galvanomètre sont les suivantes :

Résistance de la bobine :  $R = 10\Omega$

Le calibre : 10mA c'est à dire que l'aiguille dévie au maximum lorsque la résistance R de  $10\Omega$  est traversée par un courant d'intensité 10 mA

On veut fabriquer un ampèremètre de **calibre 3A**.

Il faut donc placer en parallèle de R une résistance très faible **s** appelée **shunt qui sera traversée par un courant de  $3 - 0,01 \text{ A} = 2,99 \text{ A}$**

R et s sont en parallèle donc la tension aux bornes de R est la même que la tension aux bornes de s (appliquons la loi d'ohm pour R)

$$U = RI = 10 \times 0,01 = 0,1V$$

La tension aux bornes de  $s$  sera donc de 0,1V. Elle sera traversée par un courant de  $3 - 0,01 = 2,99$  A

La loi d'ohm me permet de calculer la valeur de  $s$  :

$$s = U/I = 0,1 / 2,99 = 0,033\Omega$$

$s$  est très faible

Comment fabriquer une résistance de  $0,033\Omega$  ?

## Compléments sur la notion de résistance

### 1°) Résistance d'un conducteur filiforme.

La résistance d'un conducteur filiforme est :

- proportionnelle à sa longueur
- inversement proportionnelle à sa section
- elle dépend de la nature du matériau

La formule de calcul est :

$$R = \rho \times \frac{l}{S}$$

R : résistance en ohms

l longueur du fil en mètres

S : section du fil en mètres carrés

$\rho$  (lire rhô) est la **résistivité** du fil, ce coefficient dépend de la nature du fil.  
Son unité est l' $\Omega.m$

Pour le cuivre  $\rho = 17 \times 10^{-9} \Omega.m$

Pour le fer  $\rho = 100 \times 10^{-9} \Omega.m$

Un fil d'un mètre de cuivre sera donc moins résistant qu'un mètre de fer de même section.

### 2°) La conductance

La conductance est la capacité d'un corps à laisser passer le courant (alors que la résistance est la capacité d'un corps à s'opposer au passage du courant). La conductance est l'inverse de la résistance.

Elle est représentée par la lettre G, l'unité est le Siemens (S)

$$G = \frac{1}{R}$$

Retenons que :

La résistance d'un conducteur filiforme est proportionnelle à sa longueur.

Elle dépend de la résistivité du conducteur (la résistivité dépend de la nature du conducteur ).

Pour une même longueur, plus la section est grande, plus la résistance diminue.

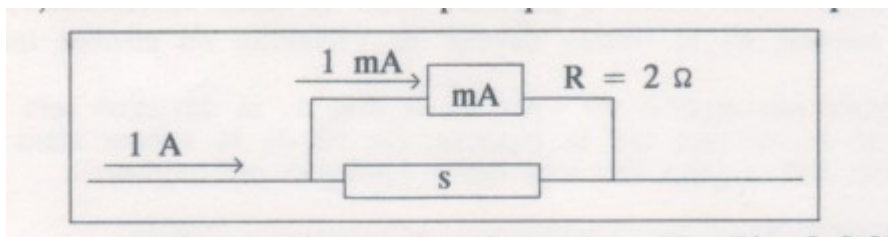
Fabriquons cette résistance avec du platine de résistivité  $10 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$  et diamètre 1mm.

On calcule que 1 m de ce fil a une résistance de 0,127  $\Omega$ .

$0,127/0,033 = 3,8$  environ donc il me faudra 1/3,8 m soit 0,26m donc 26 cm de ce fil.

b) un autre exemple

avec un milliampèremètre de calibre 1mA et de résistance interne 2 ohm, on veut fabriquer un ampèremètre de calibre 1A



Tension aux bornes du galvanomètre :  $U = RI = 2 \times 0,001 = 0,002\text{V}$

Le courant dans le shunt sera de  $1 - 0,001 = 0,999\text{A}$

$s = U/I = 0,002/0,999 = 0,002$  ohm environ.

c) conclusion

Un ampèremètre se place en SÉRIE dans le circuit.

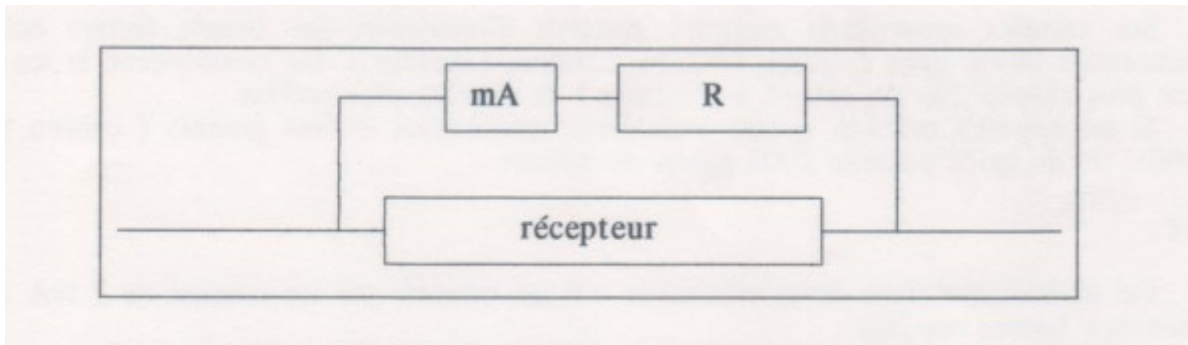
Il est constitué d'un galvanomètre, avec en parallèle une résistance très faible appelée shunt.

Sa résistance interne est très faible pour ne pas perturber le fonctionnement du circuit dans lequel il est inséré.

Le sens de déviation de l'aiguille dépend du sens du courant qui traverse le shunt, il est polarisé.

En commutant plusieurs shunts, on peut fabriquer un ampèremètre avec plusieurs calibres.

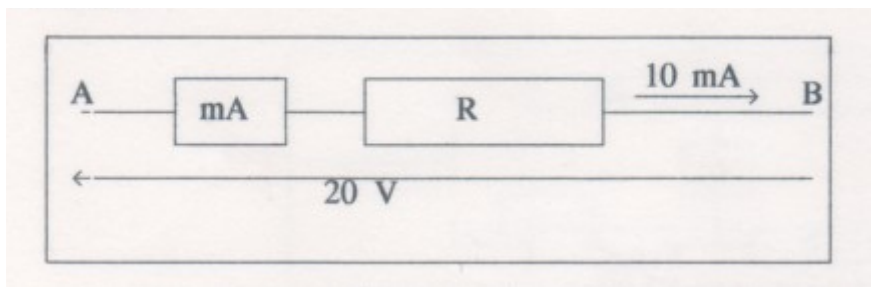
### 3°) Un voltmètre analogique



Un voltmètre analogique est un milliampèremètre gradué en volts en série avec une résistance  $R$  additionnelle.

#### a) exemple de calcul

Un milliampèremètre a une déviation totale pour 10 mA (son calibre est 10 mA). Sa résistance interne est 5 ohms. On veut en faire un voltmètre de calibre 20 V. Il faut ici placer en série une résistance  $R$ . Calculons sa valeur.



Quand circule un courant de 10mA dans le milliampèremètre (l'aiguille dévie alors à son maximum). La tension aux bornes de l'ensemble doit être de 20V

La résistance équivalente totale est donc  $U/I = 20/0,01 = 2000$  ohms.

La valeur de la résistance  $R$  cherchée est de  $2000 - 5 = 1995$  ohms

#### b) Résistance interne

Pour un voltmètre, on indique sa résistance unitaire, en  $\Omega/V$  (ohm par volt)

Par exemple, un voltmètre 2000  $\Omega/V$  aura une résistance interne

- de 2000  $\Omega$  sur le calibre 1V
- de 20 000  $\Omega$  sur le calibre 10V
- de 200 000  $\Omega$  sur le calibre 100V

Un « bon » voltmètre aura la résistance interne la plus grande possible.

#### c) conclusion

Un voltmètre se place en DÉRIVATION aux bornes d'un récepteur  
Il est constitué d'un galvanomètre (milliampèremètre) en série  
avec une résistance de forte valeur.

Sa résistance interne est très forte pour ne pas perturber le  
fonctionnement du circuit dans lequel il est inséré.

Le sens de déviation de l'aiguille dépend du sens du courant qui le  
traverse, il est polarisé.

En commutant plusieurs résistances placées en série avec le  
milliampèremètre, on peut fabriquer un voltmètre avec plusieurs calibres.

#### 4°) Multimètre analogique – Multimètre numérique

Un même milliampèremètre à aiguille peut être utilisé comme  
ampèremètre et comme voltmètre à aiguille en commutant les shunts et  
résistances additionnelles.

On obtiendra de la sorte plusieurs calibres. On peut aussi rajouter  
d'autres fonctions. C'est un multimètre analogique.

ohmmètre : pour la mesure des résistances

capacimètre : pour la mesure de la valeur d'un condensateur...

Pour certaines applications, la présence d'une aiguille est nécessaire  
quand on mesure des valeurs qui varient lentement.

Sur certains appareils, la mesure apparaît directement par simple lecture  
sur un écran. C'est un multimètre numérique.

#### 5°) Exercice :

Un galvanomètre dévie totalement s'il est traversé par un courant de 5  
mA. Sa résistance interne est  $5\Omega$

On veut en faire un ampèremètre de calibre 1A, calculer la valeur  
du shunt  $s$  à mettre en parallèle sur l'appareil.

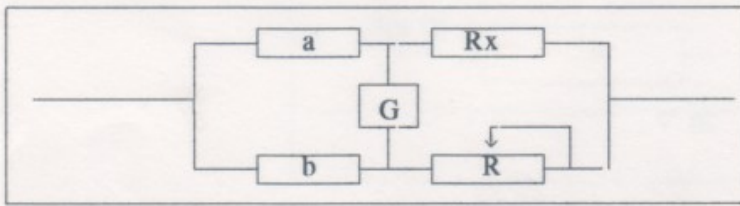
On veut en faire un voltmètre de calibre 1000V, calculer la valeur  
de la résistance  $R$  à placer en série avec le galvanomètre.

Réponses :  $s = 0,025 \text{ ohm environ}$   $R = 200 \text{ k}\Omega \text{ environ}$



## 6°) Mesurage précis des résistances – le PONT de WHEATSTONE

a) Principe .



Dans le montage ci-dessus, les résistances a ; b et R sont connues (R est une résistance variable dont nous pouvons connaître à tout moment la valeur). Rx est une résistance inconnue .

Nous plaçons entre A et B un galvanomètre à zéro central (milliampèremètre très sensible non polarisé, l'aiguille peut se déplacer dans un sens ou dans l'autre)

-S'il existe une différence de potentiel entre A et B, l'aiguille du galvanomètre va dévier : le pont n'est pas équilibré .

-Modifions la valeur de R jusqu'à ce que le galvanomètre ne dévie plus, on dit que le pont est équilibré. Dans ce cas, le calcul montre que les valeurs des résistances sont liées par la relation suivante :

$$\frac{R_x}{R} = \frac{a}{b}$$

un moyen simple de calculer Rx : le produit en croix

il y a dans le dessin deux diagonales : Rx – b et a – R

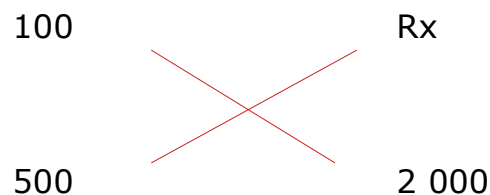
je mets mon doigt sur Rx

je multiplie ensemble les deux valeurs de l'autre diagonale soit a x R

et je divise par la valeur situé sur la même diagonale que Rx soit b

$$\text{donc } R_x = (a \times R) : b$$

par exemple : a=100 Ω b= 500Ω et R = 2 000Ω



$$R_x = (100 \times 2\,000) : 500 = 400 \, \Omega$$

Le pont de Wheatstone est utilisé pour mesurer des résistances avec précision.

Exercices :

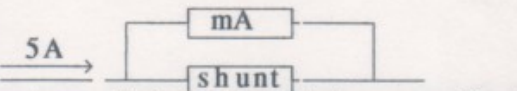
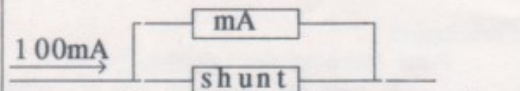
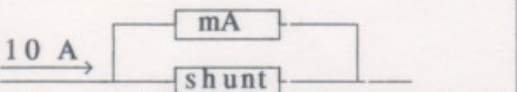
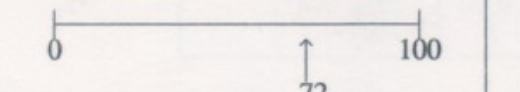
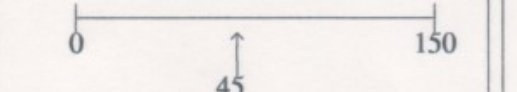
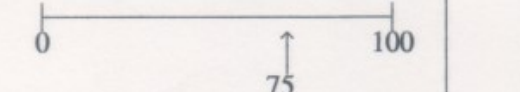
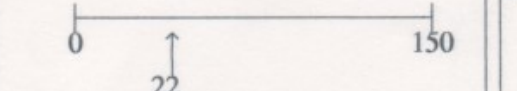
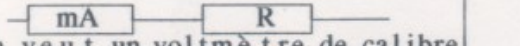
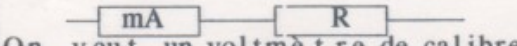
a=  $50\Omega$     b= $200\Omega$     R= $500\Omega$     calculer Rx    Rx=

a=  $1000\Omega$     b= $100\Omega$     R= $40\Omega$     calculer Rx    Rx=

a=  $1\Omega$     b= $2\Omega$     R= $3\Omega$     calculer Rx    Rx=

Réponses  $125\Omega$  ;  $400\Omega$  et  $1,5\Omega$

Pour mesurer des résistances, si on ne souhaite pas de grandes précisions, l'ohmmètre incorporé dans un multimètre numérique suffit, sinon, il faut utiliser un pont de Wheatstone.

1. Valeur du shunt pour un calibre de 5 A ?	2. Valeur du shunt pour un calibre de 100 mA ?
 <p>mA : déviation totale pour 10mA résistance interne 10<math>\Omega</math></p>	 <p>mA : déviation totale pour 5 mA résistance interne 25<math>\Omega</math></p>
A. 5 $\Omega$ C. 2 k $\Omega$ B. 0,02 $\Omega$ D. 0,002 $\Omega$	A. 100 $\Omega$ C. 1,31 $\Omega$ B. 0,131 $\Omega$ D. 10 k $\Omega$
3. Valeur du shunt pour un calibre de 10 A ?	4. Valeur de l'intensité ?
 <p>mA : déviation totale pour 1 mA résistance interne 5<math>\Omega</math></p>	 <p>Calibre : 100 mA</p>
A. 10 $\Omega$ C. 1 $\Omega$ B. 0,0005 $\Omega$ D. 0,005 $\Omega$	A. 72 A                          C. 7200 A B. 72 mA                        D. 0,72 A
5. Valeur de l'intensité ?	6. Valeur de la tension ?
 <p>Calibre 3 A</p>	 <p>Calibre 10 V</p>
A. 900 mA                      C. 9 A B. 4,5 A                        D. 45 A	A. 75 V                          C. 7,5 V B. 0,75V                        D. 750 V
7. Valeur de la tension ?	8. Valeur de la résistance ?
 <p>Calibre 3 V</p>	<p>mA : calibre 10 mA . résistance interne : 10<math>\Omega</math></p>  <p>On veut un voltmètre de calibre 100 V</p>
A. 22 V                          C. 4 V B. 150 V                        D. 0,44 V	A. 0,009 $\Omega$ C. 9990 $\Omega$ B. 100 k $\Omega$ D. 900 k $\Omega$
9. Valeur de la résistance ?	10. Réponses exactes ?
<p>mA : calibre 1 mA . résistance interne : 20<math>\Omega</math></p>  <p>On veut un voltmètre de calibre 2000 V</p>	<p>Un voltmètre se place en: 1. série 2. dérivation</p> <p>Un ampèremètre se place en: 3. série 4. dérivation</p>
A. 2M $\Omega$ environ              C. 200k $\Omega$ environ B. 20 k $\Omega$ environ            D. 2 $\Omega$ environ	A. 1 ; 3                          C. 1 ; 4 B. 2 ; 4                          D. 2 ; 3

## Questionnaire n°6

1. Résistance interne ?

d'un voltmètre de  $2000\Omega / V$  sur le calibre  $1000 V$

A.  $2 k\Omega$                       C.  $2 \Omega$   
 B.  $2 M\Omega$                       D.  $0,002 \Omega$

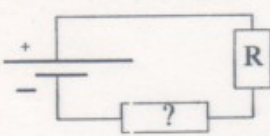
2. Résistance interne ?

d'un voltmètre de  $10\ 000 \Omega / V$  sur le calibre  $10 V$

A.  $100 k\Omega$                     C.  $10 k\Omega$   
 B.  $1 k\Omega$                       D.  $0,1 \Omega$

3. Appareil de mesure ?

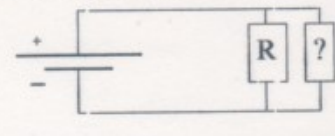
R : résistance de  $100 \Omega$



A. voltmètre                    C. ampèremètre  
 B. ohmmètre                    D. capacimètre

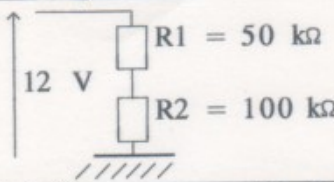
4. Appareil de mesure ?

R : résistance de  $1000\Omega$



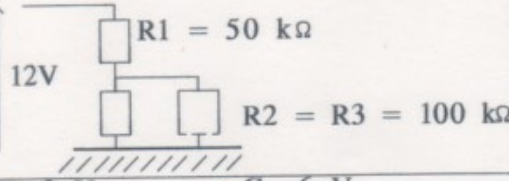
A. voltmètre                    C. ampèremètre  
 B. ohmmètre                    D. capacimètre

5. Tension aux bornes de R2?



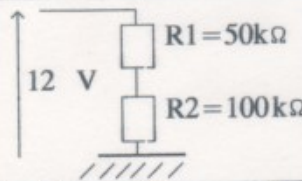
A.  $8 V$                             C.  $4 V$   
 B.  $12 V$                          D.  $1 V$

6. Tension aux bornes de R2?



A.  $3 V$                             C.  $6 V$   
 B.  $9 V$                          D.  $7 V$

7. Tension aux bornes de R2?



A.  $8V - 6V$                     C.  $8V - 8V$   
 B.  $4V - 6V$                     D.  $4V - 8V$

1) sur le schéma  
 2) avec en plus un voltmètre de résistance interne de  $100 k\Omega$  aux bornes de R2

8. Résistance interne ?

d'un ampèremètre

1. moins de  $1\Omega$   
 2. entre  $100\Omega$  et  $1k\Omega$   
 3. entre  $1k\Omega$  et  $100k\Omega$   
 4. plus que  $100k\Omega$

A. 1                                C. 2  
 B. 3                                D. 4

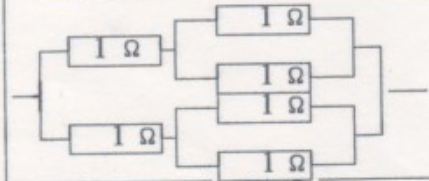
9. Résistance interne ?

d'un bon voltmètre est de l'ordre

1. du microhm 2. du milliohm  
 3. de l'ohm  
 4. de centaines de  $k\Omega$

A. 1                                C. 2  
 B. 3                                D. 4

10. Résistance équivalente ?



A.  $6 \Omega$                          C.  $3 \Omega$   
 B.  $1,5 \Omega$                     D.  $0,75\Omega$

## Questionnaire n°7