

# Travaux pratiques de mesures électriques et électroniques

Licence 2ème année, S4  
3 filières de génie électrique



M. A. GOURMALA  
2018-2019

Adresse Mail:  
[m.a.gourmala@mail.com](mailto:m.a.gourmala@mail.com)

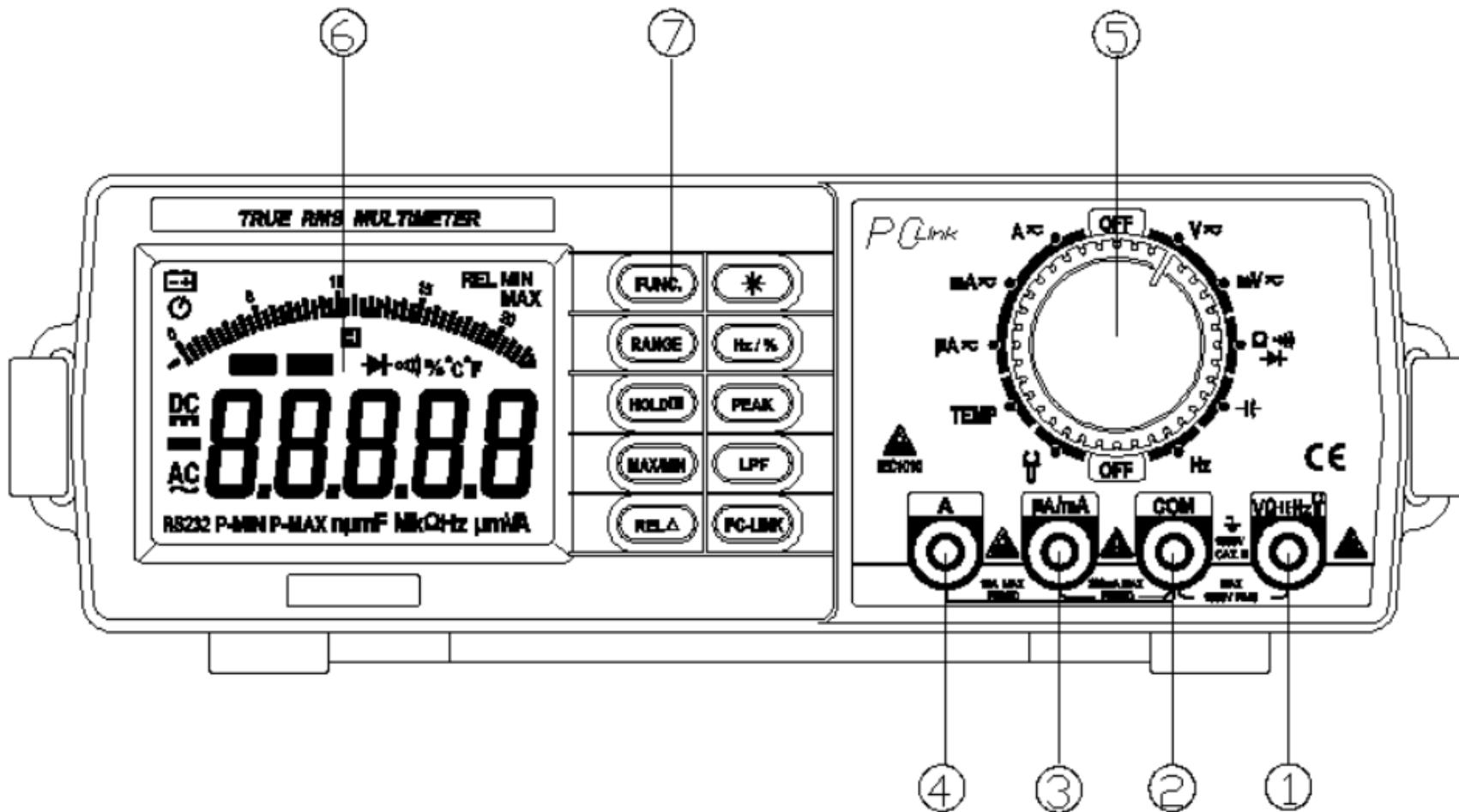
# SOMMAIRE

- TP 1: Etude du multimètre numérique
- TP1: Mesure de résistance (méthode volt-ampéremétrique)
- TP3: Le pont de Wheatstone
- TP4: Etude de l'oscilloscope
- TP5: Utilisation de l'oscilloscope

# Compte rendu

- Une feuille de résultat doit être rendue à la fin de la séance, elle doit contenir:
  - a) Une introduction sur le but de la mesure et la méthode
  - b) Les valeurs expérimentales obtenues
  - c) Les interprétations et une conclusion
- Le barème de notation est de 5 points pour a et b et 6 points pour c. Un bonus de 4 points est accordé à la présentation de la feuille.

# TP 1 ETUDE DU MULTIMETRE



# FONCTIONS

1. Borne d'entrée pour les mesures de V, R, F sauf le courant!
2. Borne d'entrée commune à toutes les fonctions.
3. Entrée positive mesure faible courant  $\mu\text{A}$  et mA.
4. Entrée positive courant fort A.
5. Bouton rotatif pour le changement de fonction  
(positionner sur la bonne fonction avant de brancher un signal!)
6. Ecran d'affichage 22000 points
7. Bouton de commande selon le tableau suivant:

# Tableau des fonctions du multimètre

Bouton	Description
<b>FUNC</b>	Sur une position du bouton rotatif 5, il permet de basculer vers les autres fonctions
	Back Light (Wake up) , Après une extinction automatique ce bouton permet de le rallumer
<b>RANGE</b>	Bascule de manuel en mode auto-range. En mode manuel, permet d'augmenter le calibre. Revient en auto-range si on appuie plus de 1 seconde.
<b>Hz</b>	En fréquencemètre bascule vers la mesure du rapport cyclique des signaux impulsionnels
<b>HOLD</b>	Mémorise la dernière valeur affichée
<b>PEAK</b>	Permet d'afficher la valeur de pic d'un signal variable
<b>MAX/MIN</b>	Indique le minimum ou le maximum de la grandeur mesurée
<b>LPF</b>	Active sur l'entrée un filtre passe-bas à 1kHz
<b>REL Δ</b>	l'afficheur indique la différence entre la valeur actuelle et la valeur de base
<b>PC-LINK</b>	L'afficheur indique "RS232" et le multimètre peut communiquer avec un PC muni du logiciel adéquat

# Précision du multimètre

## DC Voltage Accuracy

Range	Resolution	Accuracy
200mV	0.01mV	$\pm(0.05\% + 6)$
2V	0.1mV	$\pm(0.05\% + 6)$
20V	1mV	$\pm(0.05\% + 6)$
200V	10mV	$\pm(0.05\% + 6)$
1000V	0.1V	$\pm(0.05\% + 6)$

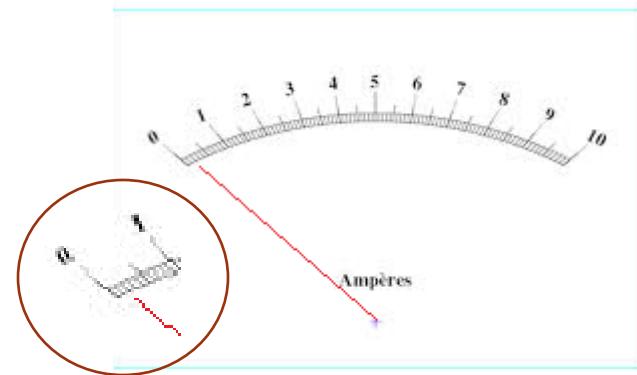
**Note:** Above accuracies can be guaranteed within the full range.

# Les erreurs aléatoires ou accidentielles

- « Composante de l'erreur de mesure qui, dans des mesurages répétés, varie de façon imprévisible ». Selon le VIM
- Ces erreurs sont non reproductibles, leurs apparitions sont aléatoires. Certaines de leurs causes peuvent être déterminées, mais les valeurs des erreurs qu'elles entraînent au moment de la mesure sont inconnues.
- Elles sont évaluées à partir de lois statistiques.
- Exemple: sensibilité, résolution d'un appareil de mesure. Finesse de la graduation sur un appareil à aiguille. Erreur due à une influence externe, courant d'air, température...

# Les erreurs systématiques

- « Composante de l'erreur de mesure qui, dans des mesurages répétés, demeure constante ou varie de façon prévisible »
- Elles introduisent donc un décalage constant entre la valeur vraie et la valeur mesurée
- Exemples : la valeur inexacte de la tension d'alimentation dans un ohmmètre.
- le décalage du zéro d'un appareil analogique.
- Mode opératoire trop rapide : mesure faite avant que le régime permanent ne soit atteint
- modification de la valeur du mesurande par la présence de l'instrument de mesure.  
(Méthode quatre fils. )



# Erreur systématique mesure de résistance

On veut mesurer une résistance de valeur vraie  $R_i$ . Deux montages sont possibles. La résistance de l'ampèremètre est  $R_a$  et celle du voltmètre est  $R_v$ .

## Montage AVAL :

On mesure la valeur vraie de  $U$  :  $\Delta U = 0$ . Mais l'ampèremètre mesure la somme des courants qui circulent dans la résistance ( $I$ ) et dans le voltmètre ( $i$ ).

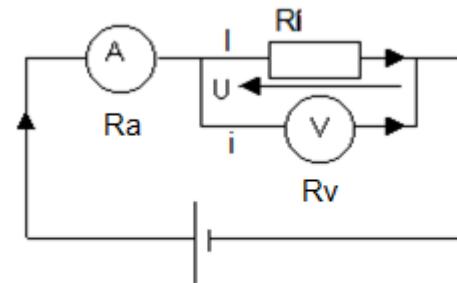
$i = \Delta I = U / R_v$  La valeur mesurée est donc :

$$R = U / I = R_i \cdot R_v / (R_i + R_v),$$

résultante de  $R_i$  en parallèle sur  $R_v$

L'erreur due au montage, se produit toujours (systématique), elle est donnée par :

$$\Delta R_i = R - R_i$$



MONTAGE COURTE DERIVATION  
OU MONTAGE AVAL

On obtient alors  $\Delta R_i = -R^2 / (R_v - R)$

Cet écart est appelé erreur absolue systématique, il est négatif car la valeur vraie est toujours plus grande que la valeur mesurée.

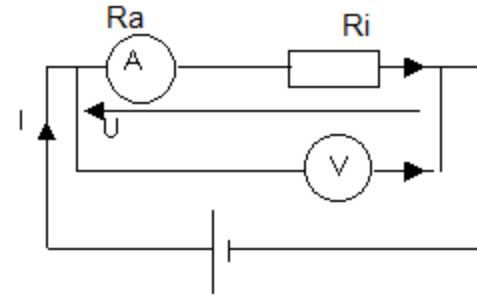
# Montage amont

## Montage AMONT :

- On mesure la vraie valeur de l'intensité qui circule dans la résistance :  $\Delta I = 0$ . Par contre le voltmètre mesure la différence de potentiel aux bornes de l'ensemble résistance et ampèremètre. On mesure

$$U = (R_i + R_a) \cdot I$$

- L'erreur absolue systématique ici est donc  $\Delta R_i = R - R_i = R_a$ .
- Il s'agit dans ce cas d'une erreur systématique par excès.



MONTAGE LONGUE DERIVATION  
OU MONTAGE AMONT

# Présentation d'un résultat de mesure.

- Chiffres significatifs: Le nombre de chiffres significatifs à indiquer dans un résultat est également fixé par le calcul des incertitudes. En donner trop est tout aussi faux que d'en donner trop peu!
- La convention admise est la suivante: tout résultat doit comporter un nombre de chiffres significatifs tel que le dernier soit affecté de l'erreur fixée par le calcul des erreurs; l'avant-dernier par contre est certain.
- Ainsi une masse  $M$  pesée à 1 mg près et trouvée égale à 25.3876 g sera présentée par:  $M = (25.388 \pm 0.001) \text{ g}$ .

**Exemple A :** Vous voulez calculer précisément l'aire d'une table...

Longueur :  $167,4 \pm 0,2$  cm      Largeur :  $82,7 \pm 0,1$  cm

$$\text{Aire} = \text{Longueur} \times \text{Largeur} = 167,4 \times 82,7 = 13843,98$$

$$\text{Erreur relative de l'aire} = 0,12\% + 0,12\% = 0,24\%$$

$$\text{Erreur absolue} = 13843,98 \times 0,24\% = 33,22$$

Donc, l'aire sera de  $13840 \pm 40$  cm<sup>2</sup>      (une fois arrondi...  
l'erreur absolue doit n'avoir qu'un seul chiffre significatif!))

## Exemple B

$$(166,9 \pm 0,1 \text{ cm}) \times (67,90 \pm 0,01 \text{ cm}) = 11332.51 \pm 8,5 \text{ cm}^2$$

Cette valeur n'est pas très « élégante », il faut appliquer les règles...

**Une réponse finale ne peut pas avoir plus de chiffres significatifs que la valeur qui en a le moins!**

Donc, la réponse doit avoir 4 chiffres significatifs, donc 11340

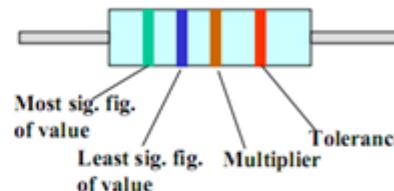
L'erreur ne doit pas être plus précise que la valeur, donc....  $\pm 10$

La réponse finale est donc  $11340 \pm 10 \text{ cm}^2$

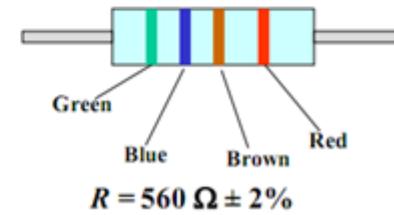
# Code des couleurs

Color		Digit	Multiplier	Tolerance (%)		Temperature coefficient (ppm/°C)	
Silver	Silver	-	$10^{-2}$	$\pm 10$	K	-	-
	Gold		$10^{-1}$	$\pm 5$	J	-	-
Black	0	$10^0$	-	-	-	$\pm 250$	K
Brown	1	$10^1$	$\pm 1$	F	-	$\pm 100$	H
Red	2	$10^2$	$\pm 2$	G	-	$\pm 50$	G
Orange	3	$10^3$	-	-	-	$\pm 15$	D
Yellow	4	$10^4$	-	-	-	$\pm 25$	F
Green	5	$10^5$	$\pm 0.5$	D	-	$\pm 20$	E
Blue	6	$10^6$	$\pm 0.25$	C	-	$\pm 10$	C
Violet	7	$10^7$	$\pm 0.1$	B	-	$\pm 5$	B
Gray	8	$10^8$	-	-	-	$\pm 1$	A
White	9	$10^9$	-	M	-	-	-
		-	$\pm 20$	-	-	-	-

## Code à 4 anneaux



## Exemple



$R, K, M, G,$  and  $T =$   
 $x10^0, x10^3, x10^6, x10^9,$  and  $x10^{12}$

$$\text{Ex. } 6M8 = 6.8 \times 10^6 \Omega$$

$$59P04 = 59.04 \Omega$$

## Code alphanumérique

# Valeurs résistance selon tolérance

AB23

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1			Série E																								
2			20%	10%	5%	1%																					
3	n	$10^n$	6	12	24	96	n	$10^n$	6	12	24	96	n	$10^n$	6	12	24	96	n	$10^n$	6	12	24	96			
4	0	1	1.0	1.0	1.0	1.00	24	$1E+24$	6	12	24	96	48	$1E+48$	6	12	24	96	3.16	$72E+72$	6	12	24	96	5.62		
5	1	10	1.5	1.2	1.1	1.02	25	$1E+25$					49	$1E+49$					3.24	$73E+73$					5.76		
6	2	100	2.2	1.5	1.2	1.05	26	$1E+26$					50	$1E+50$					3.32	$74E+74$					5.90		
7	3	1000	3.2	1.8	1.3	1.07	27	$1E+27$					51	$1E+51$					3.40	$75E+75$					6.04		
8	4	10000	4.6	2.2	1.5	1.10	28	$1E+28$					52	$1E+52$					3.48	$76E+76$					6.19		
9	5	$1E+05$	6.8	2.6	1.6	1.13	29	$1E+29$					53	$1E+53$					3.57	$77E+77$					6.34		
10	6	$1E+06$		3.2	1.8	1.15	30	$1E+30$					54	$1E+54$					3.65	$78E+78$					6.49		
11	7	$1E+07$		3.8	2.0	1.18	31	$1E+31$					55	$1E+55$					3.74	$79E+79$					6.65		
12	8	$1E+08$		4.6	2.2	1.21	32	$1E+32$					56	$1E+56$					3.83	$80E+80$					6.81		
13	9	$1E+09$		5.6	2.4	1.24	33	$1E+33$					57	$1E+57$					3.92	$81E+81$					6.98		
14	10	$1E+10$		6.8	2.6	1.27	34	$1E+34$					58	$1E+58$					4.02	$82E+82$					7.15		
15	11	$1E+11$		8.3	2.9	1.30	35	$1E+35$					59	$1E+59$					4.12	$83E+83$					7.32		
16	12	$1E+12$			3.2	1.33	36	$1E+36$					60	$1E+60$					4.22	$84E+84$					7.50		
17	13	$1E+13$			3.5	1.37	37	$1E+37$					61	$1E+61$					4.32	$85E+85$					7.68		
18	14	$1E+14$			3.8	1.40	38	$1E+38$					62	$1E+62$					4.42	$86E+86$					7.87		
19	15	$1E+15$			4.2	1.43	39	$1E+39$					63	$1E+63$					4.53	$87E+87$					8.06		
20	16	$1E+16$			4.6	1.47	40	$1E+40$					64	$1E+64$					4.64	$88E+88$					8.25		
21	17	$1E+17$			5.1	1.50	41	$1E+41$					65	$1E+65$					4.75	$89E+89$					8.45		
22	18	$1E+18$			5.6	1.54	42	$1E+42$					66	$1E+66$					4.87	$90E+90$					8.66		
23	19	$1E+19$			6.2	1.58	43	$1E+43$					67	$1E+67$					4.99	$91E+91$					8.87		
24	20	$1E+20$			6.8	1.62	44	$1E+44$					68	$1E+68$					5.11	$92E+92$					9.09		
25	21	$1E+21$			7.5	1.65	45	$1E+45$					69	$1E+69$					5.23	$93E+93$					9.31		
26	22	$1E+22$			8.3	1.69	46	$1E+46$					70	$1E+70$					5.36	$94E+94$					9.53		
27	23	$1E+23$			9.1	1.74	47	$1E+47$					71	$1E+71$					5.49	$95E+95$					9.76		

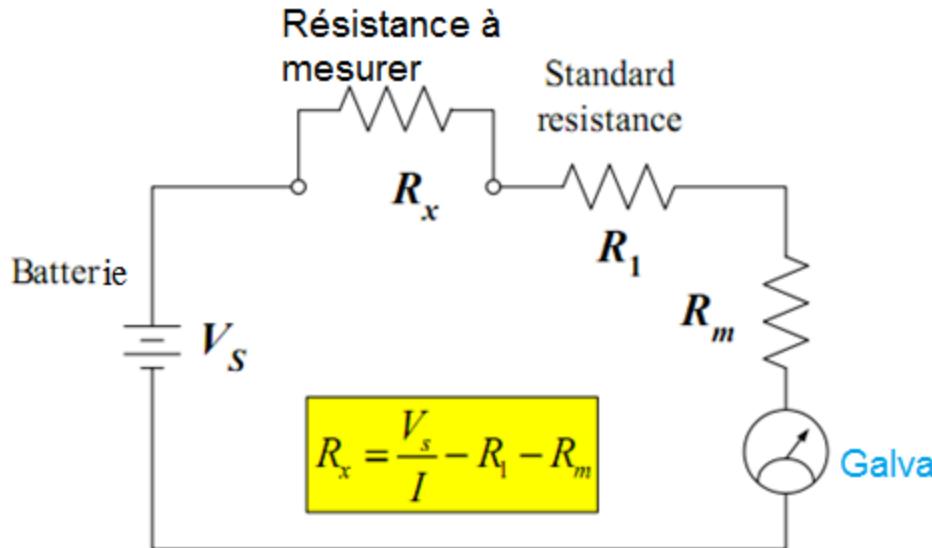
$$R \approx \sqrt{E} \cdot 10^n$$

where  $E = 6, 12, 24, 96$   
for 20, 10, 5, 1% tolerance  
 $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

# Méthodes de mesure des résistances

- Ohmmètre
- Volt-ampéremétrique
- Substitution
- Pont

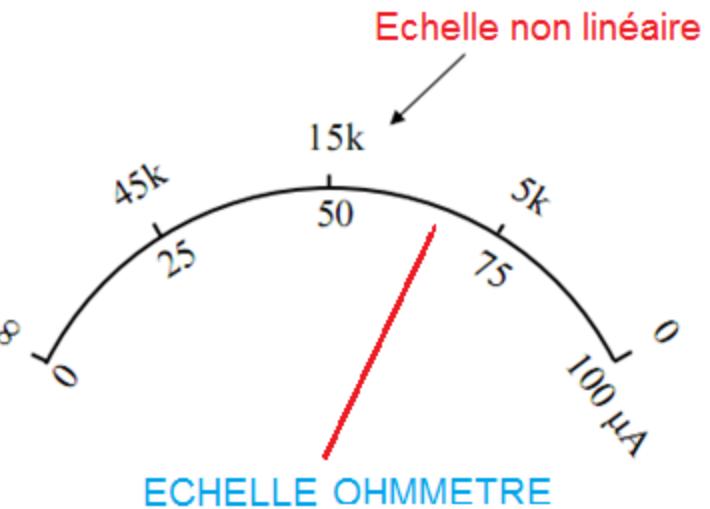
# Utilisation d'un Ohmmètre



Circuit utilisé dans un multimètre en mode "Ohmmètre"

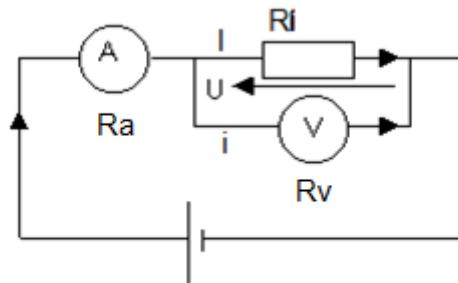
La déviation est au milieu quand  $R_x=R_i+R_m$

On obtient une déviation maximale de l'aiguille quand  $R_x=0$  (court-circuit.)



La déviation est à zéro quand le circuit est ouvert.

# Méthode utilisant le voltmètre et l'ampèremètre



MONTAGE COURTE DERIVATION  
OU MONTAGE AVAL

## Montage AVAL :

On mesure la valeur vraie de  $U$  :  $\Delta U = 0$ . Mais l'ampèremètre mesure la somme des courants qui circulent dans la résistance ( $I$ ) et dans le voltmètre ( $i$ ).

$i = \Delta I = U / R_V$  La valeur mesurée est donc :

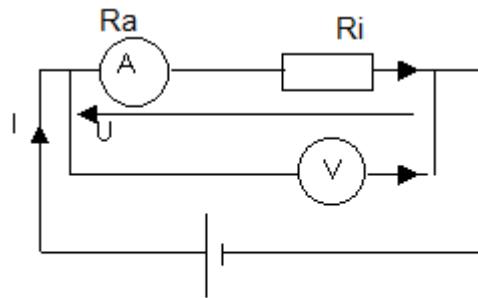
$$R = U / I = R_V \cdot R_i / (R_i + R_V),$$

résultante de  $R_i$  en parallèle sur  $R_V$ .

- L'erreur systématique est donnée par :

$$\Delta R_i = -R^2 / (R_V - R)$$

# Méthode utilisant le voltmètre et l'ampèremètre



MONTAGE LONGUE DERIVATION  
OU MONTAGE AMONT

## Montage AMONT :

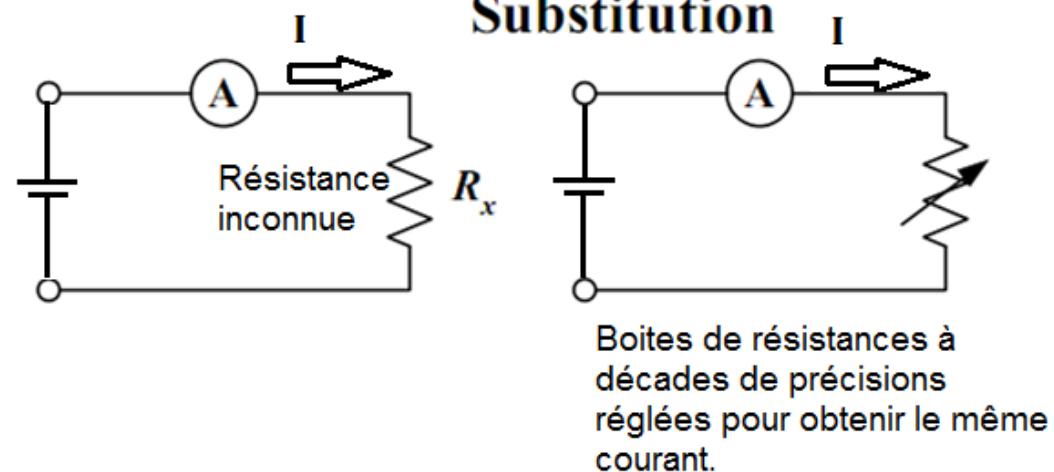
- On mesure la vraie valeur de l'intensité qui circule dans la résistance :  $\Delta I = 0$ . Par contre le voltmètre mesure la différence de potentiel aux bornes de l'ensemble résistance et ampèremètre. On mesure

$$U = (R_i + R_a).I$$

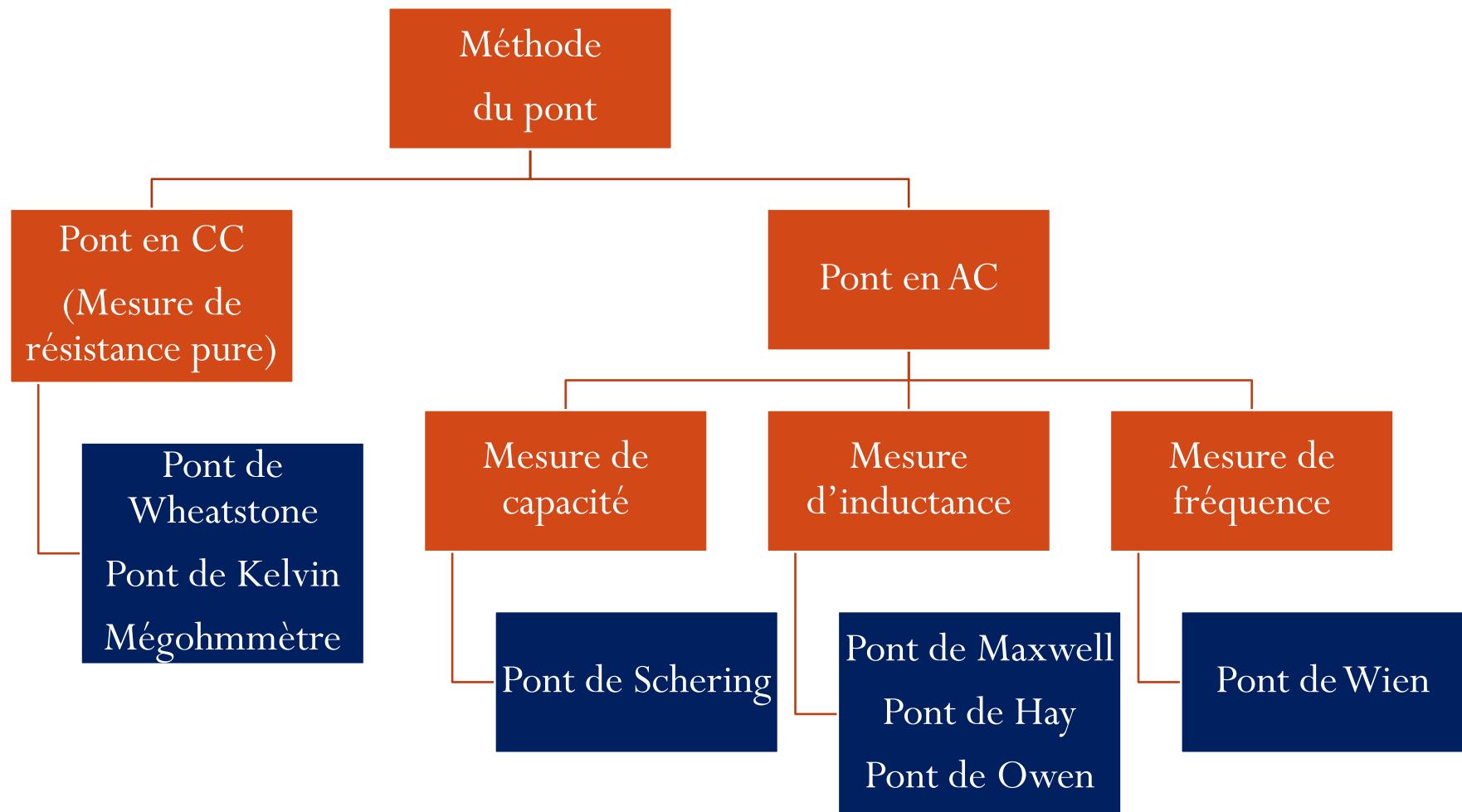
- L'erreur absolue systématique ici est donc  $\Delta R_i = R - R_i = R_a$ .
- Il s'agit dans ce cas d'une erreur systématique par excès.

# Méthode par substitution

- On procède en deux étapes, d'abord on insère la résistance à mesurer.
- On note la valeur du courant puis on remplace la résistance par une boîte de décades de précision que l'on règle pour obtenir le même courant.
- La valeur de la résistance est alors lue sur la boîte à décades

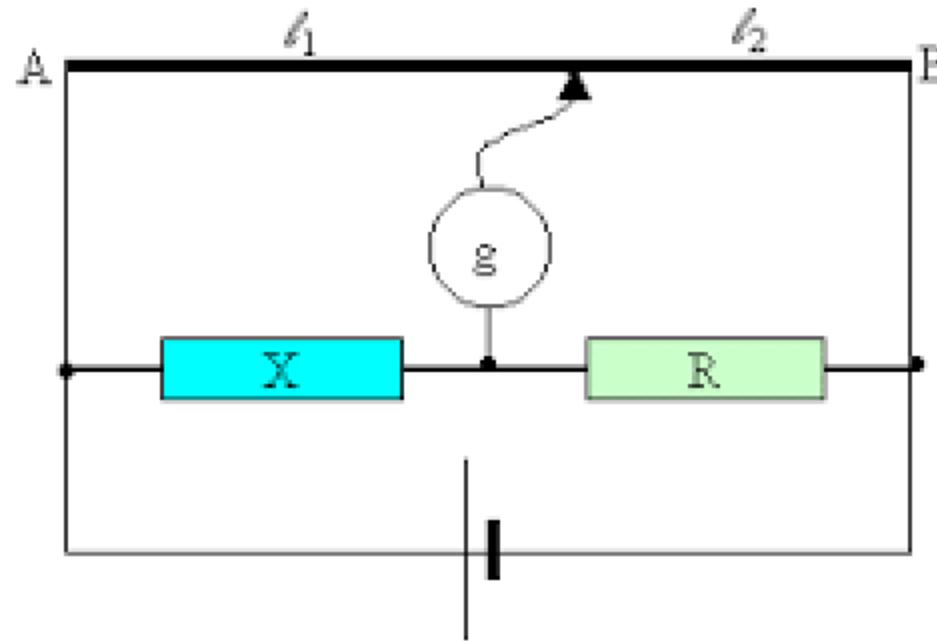


# Méthodes du pont



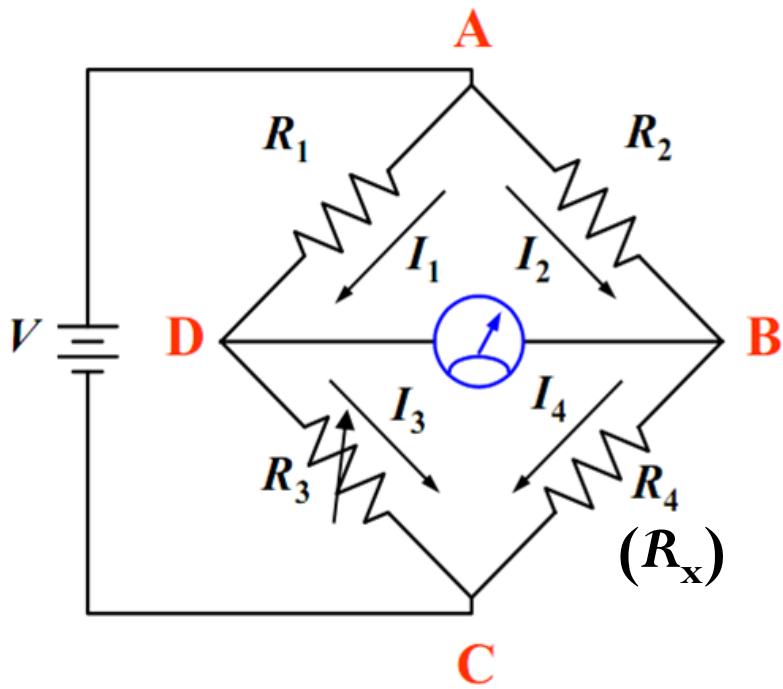
# Pont de mesure

- La technique de mesure utilisant un pont est appelée aussi «méthode de zéro». Elle procède par comparaison.
- Un composant de référence est ajusté jusqu'à obtention d'un équilibre du pont.



# Pont de Wheatstone

Adapté aux valeurs intermédiaires  $1\Omega$  à  $1M\Omega$



Equilibre du pont:  $V_{AD} = V_{AB}$

Donc  $I_1 R_1 = I_2 R_2$

L'équilibre implique aussi:  $V_{DC} = V_{BC}$

et  $I_3 R_3 = I_4 R_4$

Nous avons par ailleurs:  $I_1 = I_3$  et  $I_2 = I_4$

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} \quad \text{ou}$$

$$R_x = R_4 = R_3 \frac{R_2}{R_1}$$

On choisit généralement  $R_1 = R_2$  si bien que la relation se simplifie

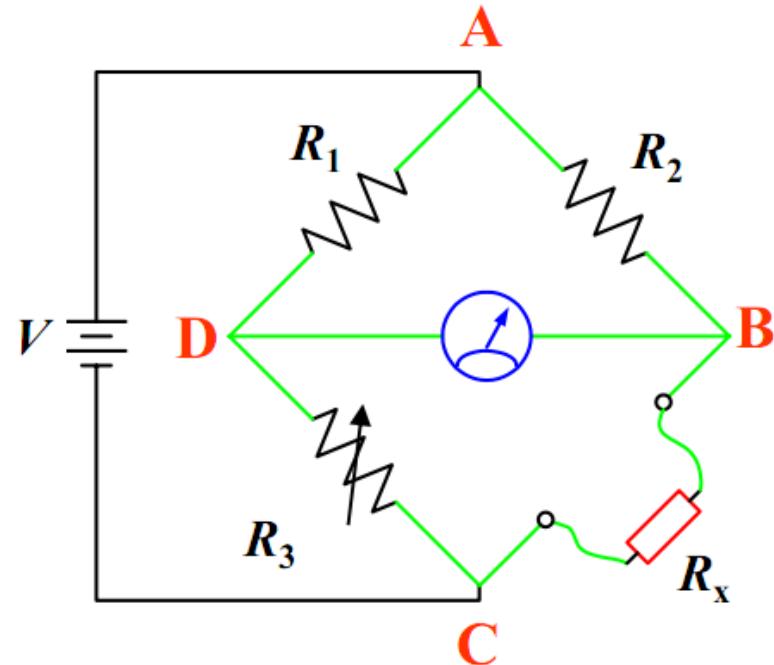
$$R_x = R_3$$

# Erreurs de mesure

- Incertitude sur les résistances du pont  $R_1, R_2, R_3$ :

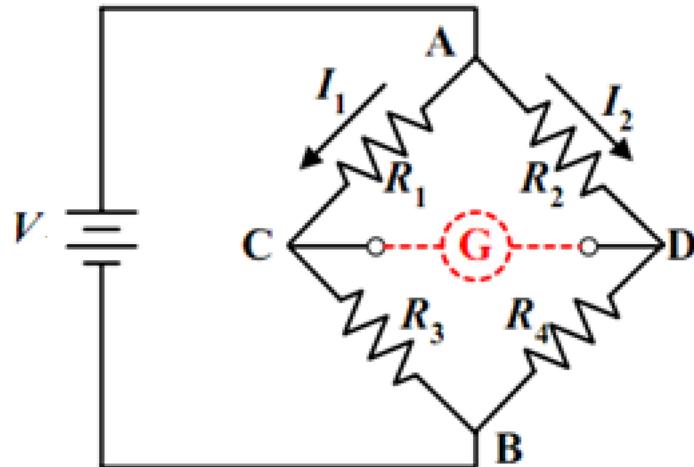
$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3}$$

- Sensibilité insuffisante du galvanomètre
- Variation thermique des résistances
- Tensions de contact
- Résistance additionnelle dans les connecteurs



# Sensibilité du galvanomètre

Plaçons-nous au voisinage de l'équilibre et calculons l'équivalent Thévenin du circuit.



Pont au voisinage de l'équilibre

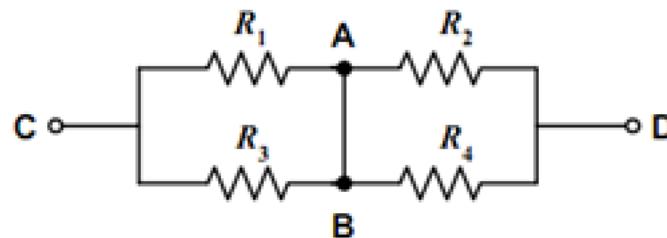
$$V_{CD} = V_{AC} - V_{AD} = I_1 R_1 - I_2 R_2$$

On ouvre le circuit entre C et D

$$I_1 = \frac{V}{R_1 + R_3} \quad I_2 = \frac{V}{R_2 + R_4}$$

$$V_{TH} = V_{CD} = V \left( \frac{R_1}{R_1 + R_3} - \frac{R_2}{R_2 + R_4} \right)$$

Générateur de Thévenin

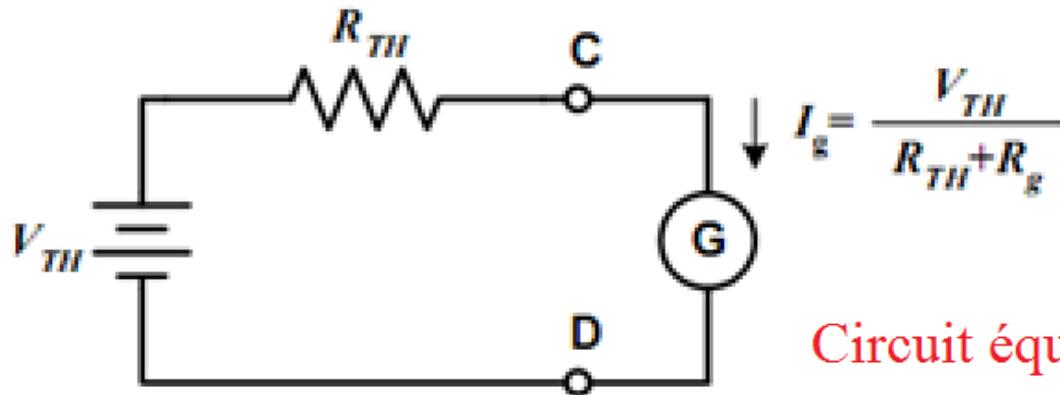


On court-circuite la source de tension  $V$

$$R_{TH} = R_1 // R_3 + R_2 // R_4$$

Résistance de Thévenin

# Circuit équivalent



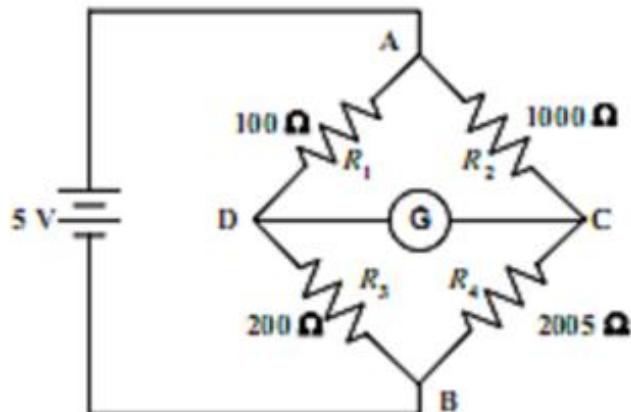
$$I_g = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_g}$$

Ig = Courant du galvanomètre  
Rg = résistance du galvanomètre

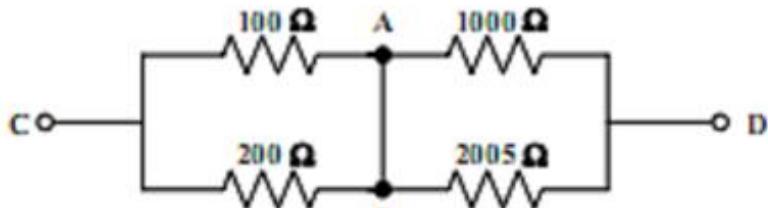
$$I_g = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_g}$$

Circuit équivalent de Thévenin

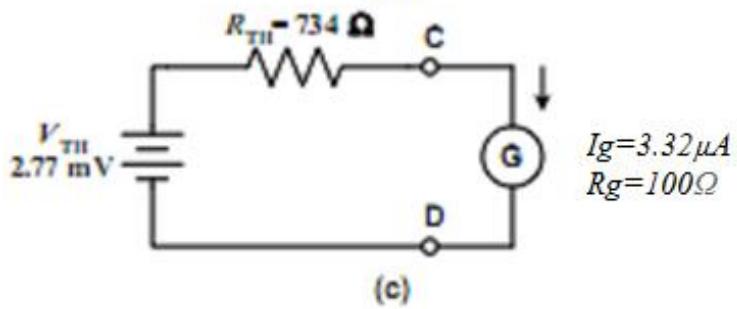
# Exemple



(a)



(b)



Le galvanomètre a une sensibilité de  $10\text{mm}/\mu\text{A}$  et un résistance interne de  $100\Omega$ .

Nous sommes au voisinage de l'équilibre  $R_4=2005\Omega$  au lieu de  $2000\Omega$

$$V_{TH} = V_{AD} - V_{AC} = 5 \text{ V} \times \left( \frac{100}{100+200} - \frac{1000}{1000+2005} \right) \approx 2.77 \text{ mV}$$

$$R_{TH} = 100 // 200 + 1000 // 2005 = 734 \Omega$$

$$I_g = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_g} = \frac{2.77 \text{ mV}}{734 \Omega + 100 \Omega} = 3.32 \mu\text{A}$$

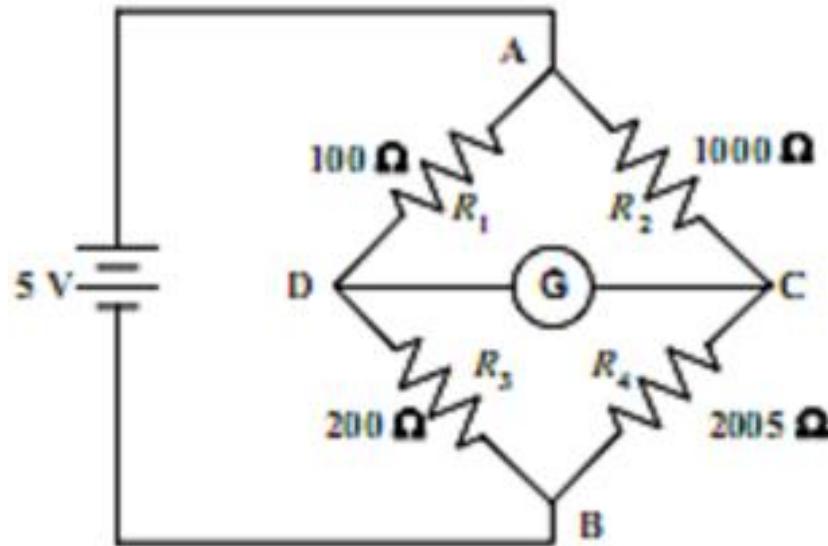
La déviation de l'aiguille:

$$d = 3.32 \mu\text{A} \times \frac{10 \text{ mm}}{\mu\text{A}} = 33.2 \text{ mm}$$

Un écart de  $5\Omega$  provoque une déviation de 33.2 mm

## Exemple 2

Le galvanomètre de l'exemple précédent est remplacé par un autre de sensibilité de  $1\text{mm}/\mu\text{A}$  et un résistance interne de  $500\Omega$ . Un écart sur R4 de  $5\Omega$  est-il observable si on peut distinguer une déviation de  $1\text{mm}$ ?

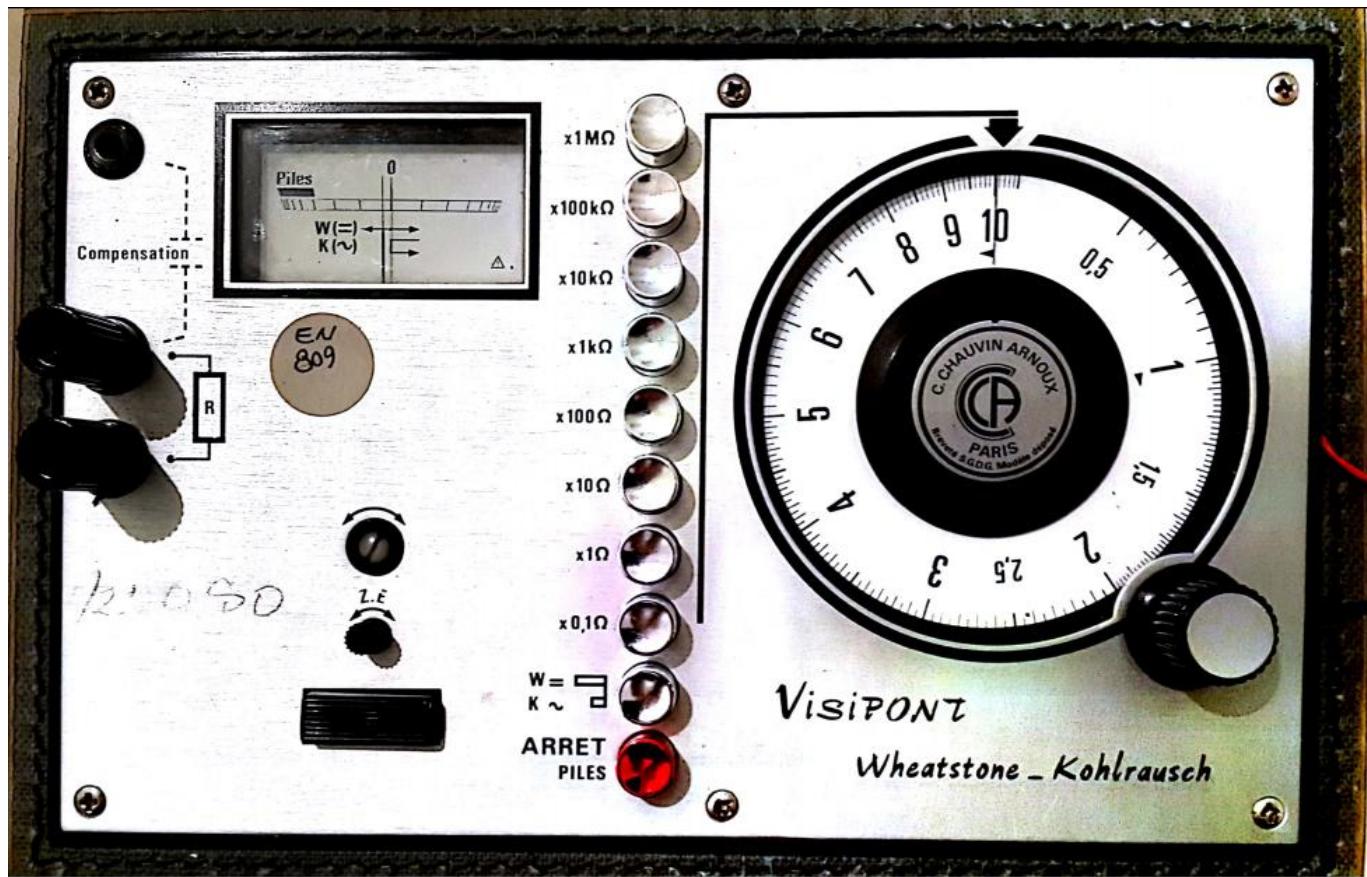


$$I_g = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_g} =$$

La déviation de l'aiguille: ?

# Manipulation en TP

- Nous allons utiliser pour cette manipulation un pont de Wheatstone intégré de marque ARNOUX et CHAUVIN de la figure suivante:

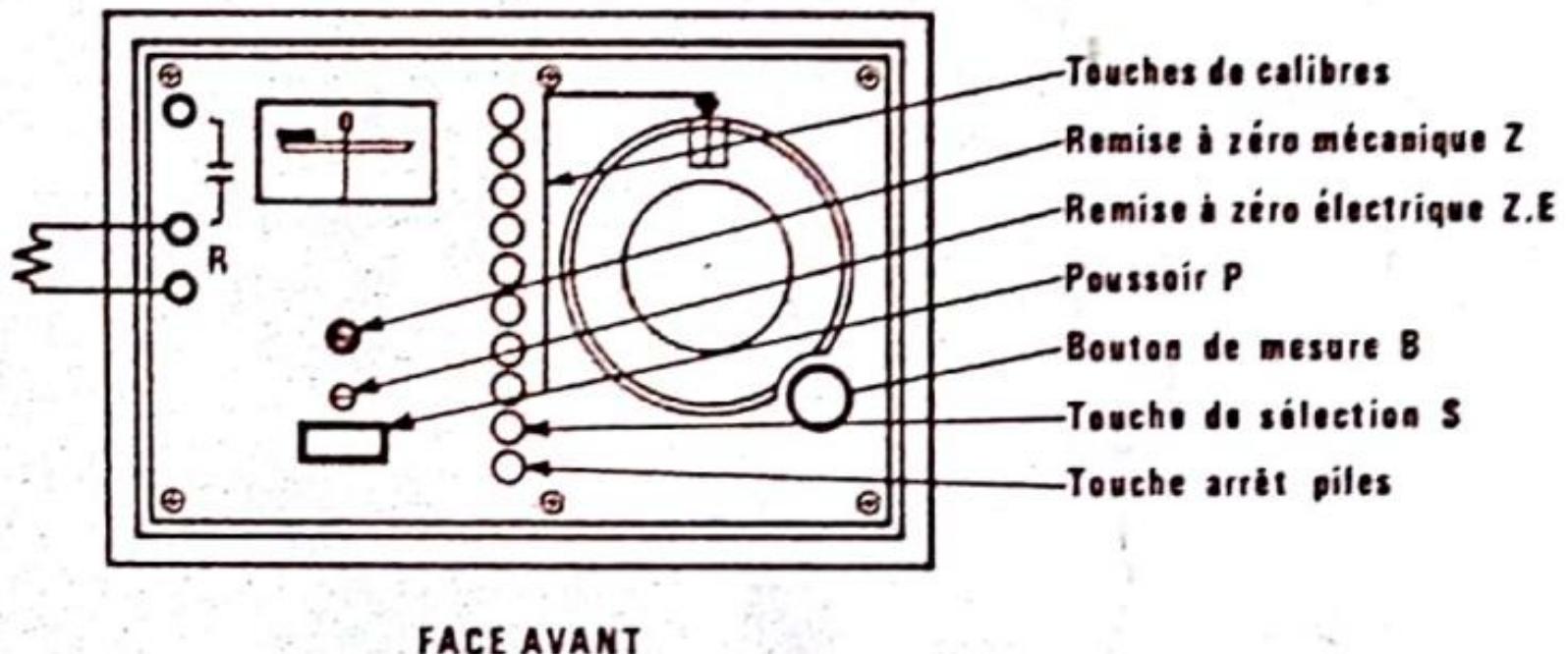


# Mode d'emploi du pont de Wheatstone

- Lisez attentivement le mode d'emploi de cet appareil qui se trouve sur le fond du couvercle:

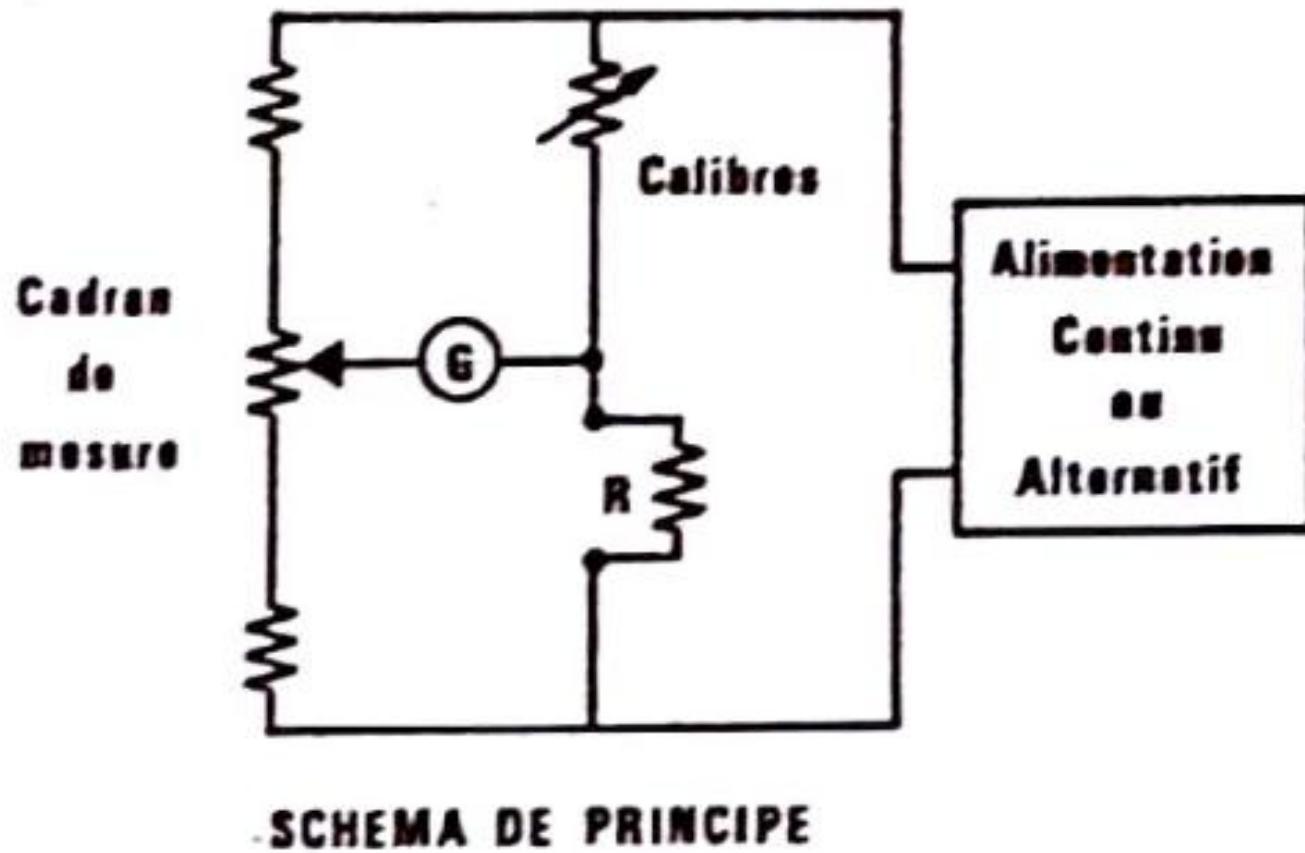
**PONT DE WHEATSTONE de  $50\text{m}\Omega$  à  $10,5\text{M}\Omega$**

**PONT DE KOHLRAUSCH de  $50\text{m}\Omega$  à  $1\text{M}\Omega$**



# Schéma du pont de Wheatstone

- Le schéma interne de l'appareil est présenté ci-dessous:



# Le mode opératoire

## MISE EN SERVICE

- **Zéro mécanique.** Au repos l'aiguille du galvanomètre doit indiquer zéro (centre de l'échelle). Sinon agir sur la vis **Z**.
- **Contrôle des piles.** Enfoncer à fond la touche rouge «Arrêt Piles», l'aiguille du galvanomètre doit se placer dans la zone noire marquée «Piles». Sinon les remplacer.
- **Zéro électrique.** Ce réglage doit être effectué en l'absence de résistance connectée aux bornes **R**. Placer la touche de sélection **S** en position relevée : **W=**. S'assurer que l'appareil est bien à l'arrêt en enfonçant à fond la touche rouge «Arrêt Piles». Appuyer sur le poussoir **P** et amener l'aiguille sur le point 0 en agissant sur le bouton marqué **ZE**.

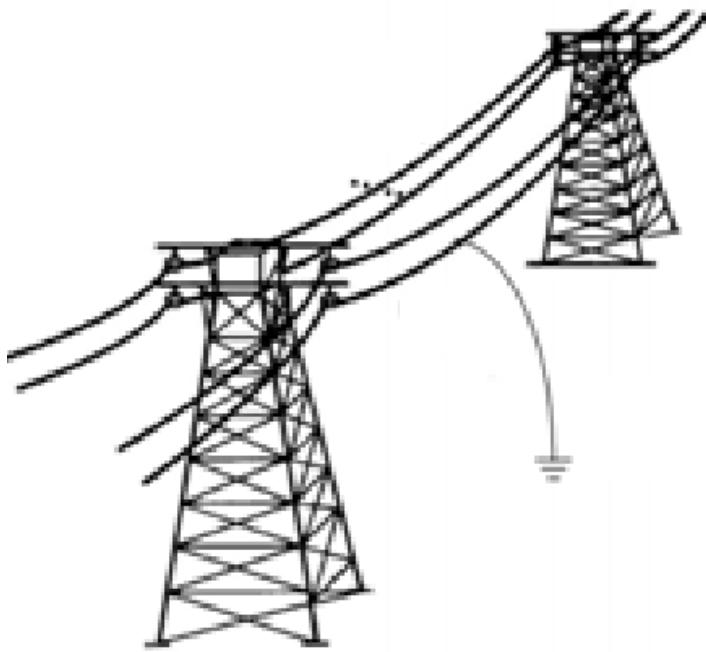
La meilleure précision ( $\pm 1\%$  de la lecture  $\pm 3\text{ m}\Omega$ ) s'obtient avec le cadran de mesure dans la zone 1 à 10, soit entre  $100\text{ m}\Omega$  et  $10\text{ M}\Omega$ . Choisir si possible le calibre en conséquence.

# EMPLOI EN PONT DE WHEATSTONE

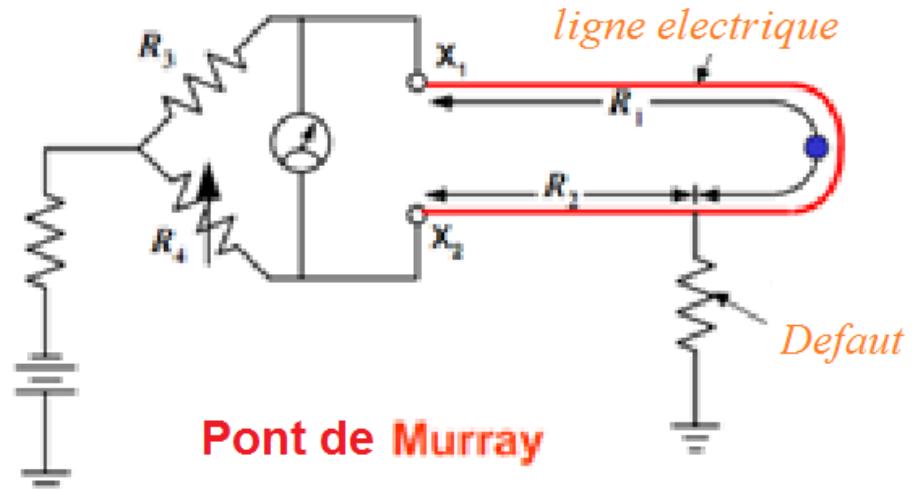
Mesures en courant continu.

- Placer la touche de sélection **S** en position relevée : **W=.**
- Relier la résistance à mesurer aux bornes marquées **R**.
- Placer le cadran de mesure sur la graduation 10.
- Enfoncer la touche **x 0,1 Ω** et appuyer sur le poussoir **P**.
  - Si le galvanomètre dévie à droite, tourner le bouton de **mesure B** dans le sens inverse des aiguilles d'une montre jusqu'à **annuler** toute déviation. Si ce résultat ne peut être obtenu, c'est que la valeur de la résistance à mesurer est inférieure à la limite minimale possible.
  - Si le galvanomètre dévie à gauche, changer de calibre dans le sens croissant jusqu'à l'obtention de l'**inversion** de son **sens de déviation**. Tourner le bouton de **mesure B** comme ci-dessus jusqu'à **annuler** toute déviation. Si l'inversion ne peut être obtenue en enfonçant la touche **x 1 MΩ**, c'est que la valeur de la résistance à mesurer est supérieure à la limite maximale possible.
- Faire la lecture sur le cadran de mesure, la valeur de la résistance **R** en **ohms kilohms ou mégohms** est égale au produit de la lecture sur le cadran de mesure par le multiplicateur correspondant à la touche de calibre enfoncée.
- **Après la mesure appuyer sur la touche rouge « Arrêt Piles ».**

# Pont de MURRAY



Defaut sur ligne electrique  
court-circuit ou fuite vers la  
terre



Pont de Murray

$$R = R_1 + R_2$$

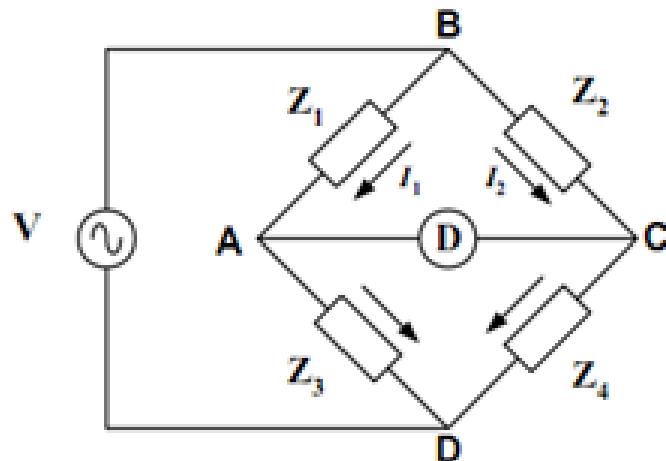
A l'équilibre du pont:  $\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_1}{R_2}$

$$R_1 = R \left( \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right)$$

$$R_2 = R \left( \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right)$$

Connaissant  $R_1$  et  $R_2$  on peut déduire la  
position du defaut sur la ligne

# Pont en AC



- Les 4 bras du pont sont des impédances
- Le détecteur peut être un écouteur.
- La source est un générateur de sinus.

Forme générale d'un pont en courant alternatif. Il permet de mesurer des impédances dont la valeur dépend de la fréquence (C et L).

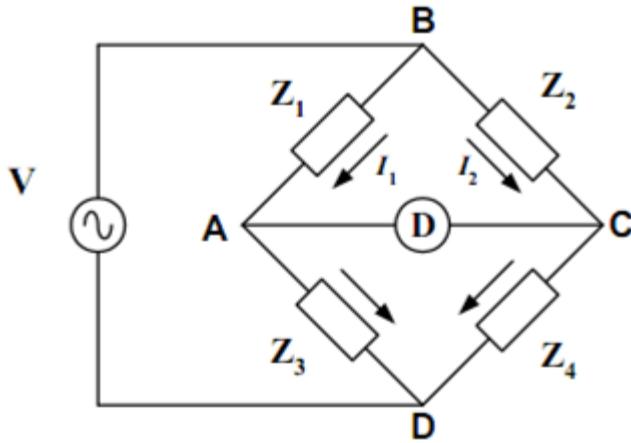
$Z_1, Z_2, Z_3$  and  $Z_4$  sont les impédances des 4 bras du pont

A l'équilibre:  $E_{BA} = E_{BC}$  ou  $I_1 Z_1 = I_2 Z_2$ ,

$$I_1 = \frac{V}{Z_1 + Z_3} \text{ et } I_2 = \frac{V}{Z_2 + Z_4}$$

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$

# Exemple



## SOLUTION

$$Z_1 = R + j\omega C = 300 - j600 \Omega$$

$$Z_2 = R + j\omega L = 200 + j100 \Omega$$

$$Z_3 = R = 450 \Omega$$

**Z<sub>4</sub> = Inconnu**

Le pont en courant alternatif ci-contre est en équilibre avec les constantes suivantes:

bras AB, R = 300 Ω en série avec C = 0,265 μF;

bras BC, R = 200 Ω en série avec L = 15,9 mH;

bras CD, inconnu;

bras DA = 450 Ω.

La fréquence de l'oscillateur est de 1 kHz.

Trouver la valeur et la nature de l'impédance du bras CD.

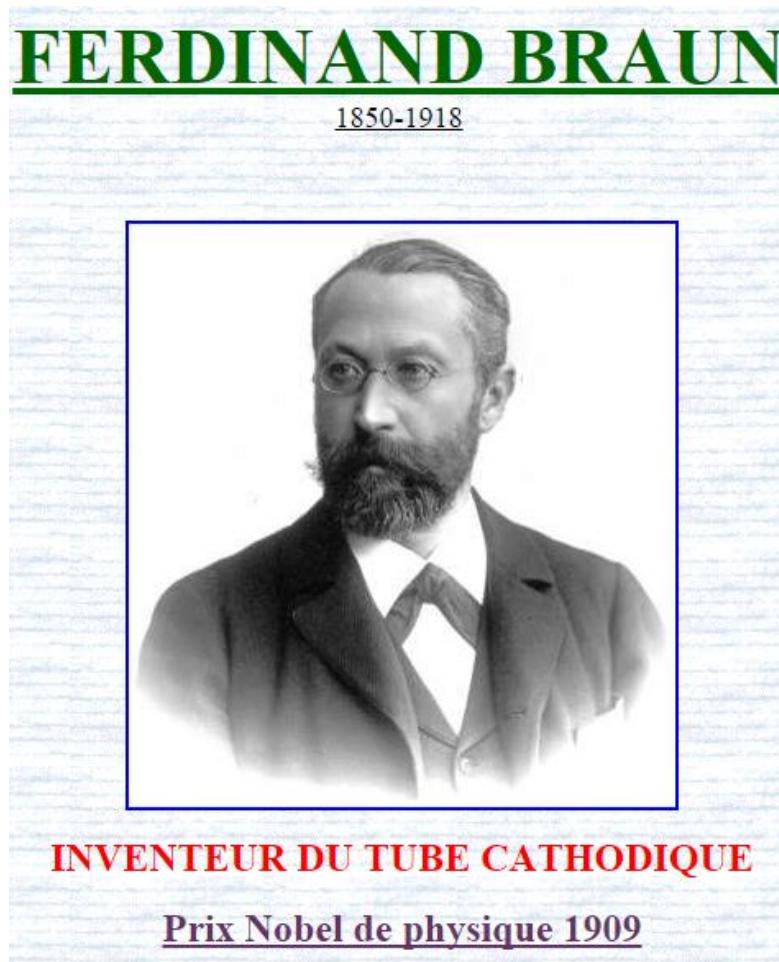
**A l'équilibre du pont:**  $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$

$$Z_4 = \frac{Z_2 Z_3}{Z_1} = \frac{450 \times (200 + j100)}{(300 - j600)} = j150 \Omega$$

Ce résultat indique que Z<sub>4</sub> est une inductance pure de réactance 150 Ω à la fréquence de mesure de 1 kHz la réactance est  $X_L = 2\pi fL$ , on en déduit la valeur de l'inductance  $L = 23.9 \text{ mH}$



# L'Oscilloscope cathodique (CRO)

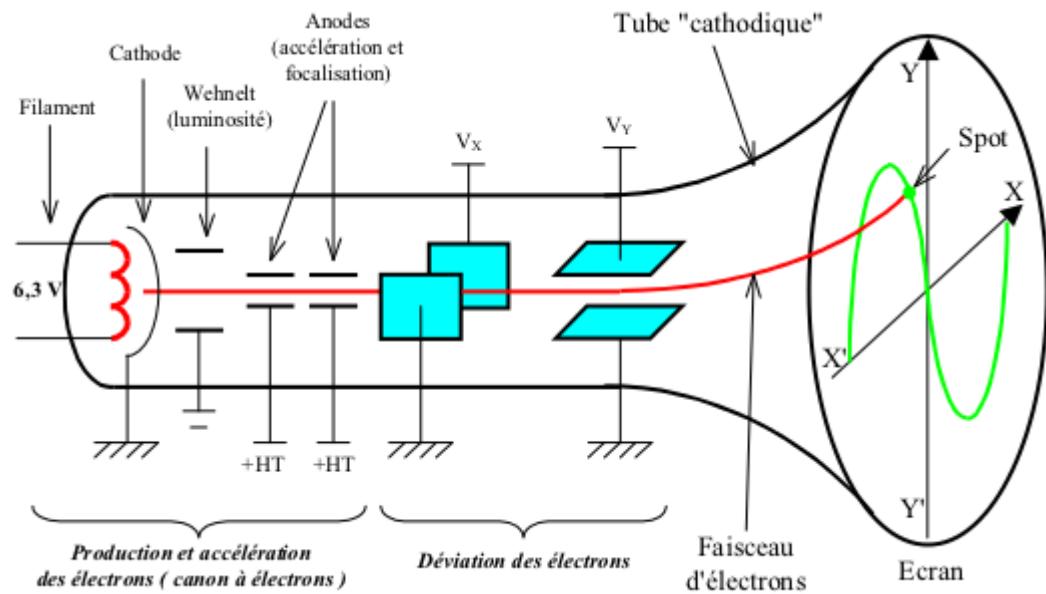


- Oscilloscope,
- Sonde logique,
- Analyseur logique,
- Analyseur de spectres,

Ferdinand Braun inventeur du tube cathodique en 1897.

# L'Oscilloscope 1

- L'oscilloscope comporte un tube à rayons cathodiques ou canon à électrons, placé dans un tube en verre dans lequel il y a le vide. Les électrons sont émis par une cathode chauffée et accélérés par une forte tension appliquée à l'anode, percée d'un petit trou. Le faisceau d'électrons est envoyé sur un écran fluorescent où il laisse une trace visible ou spot.

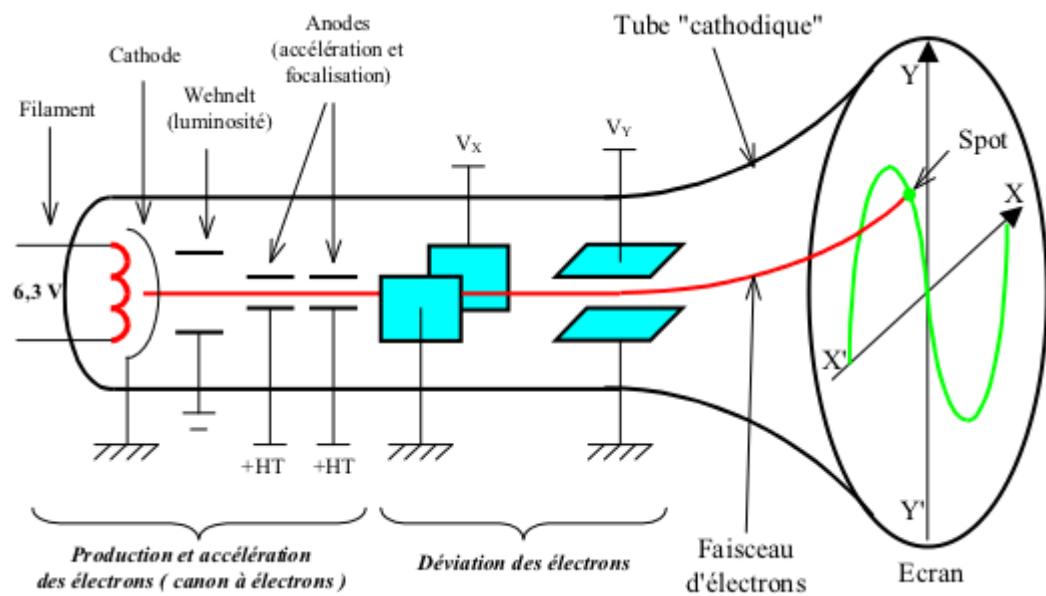


# L'Oscilloscope 2

Avant d'atteindre l'écran, le faisceau d'électrons passe entre deux paires de plaques auxquelles on peut appliquer une différence de potentiel qui crée un champ électrique entre celles-ci.

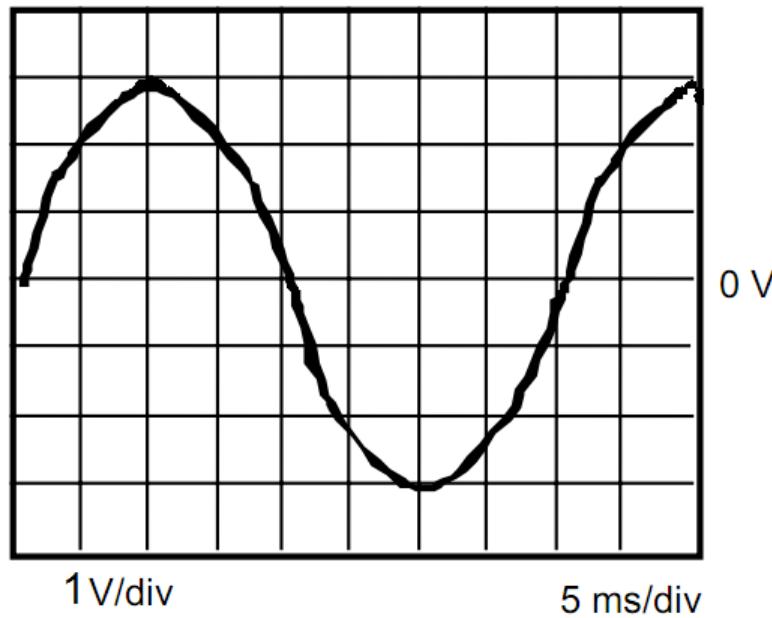
Une force électrostatique agit sur les électrons. Une paire de plaques est verticale et permet de dévier le faisceau horizontalement, l'autre est horizontale et permet de dévier le faisceau verticalement. En variant les tensions des plaques, le spot laissé par les électrons sur l'écran se déplace sur celui-ci et dessine une trajectoire qui peut être observée.

l'oscilloscope permet de mesurer l'amplitude d'un signal électrique mais aussi d'observer sa forme et sa variation dans le temps.

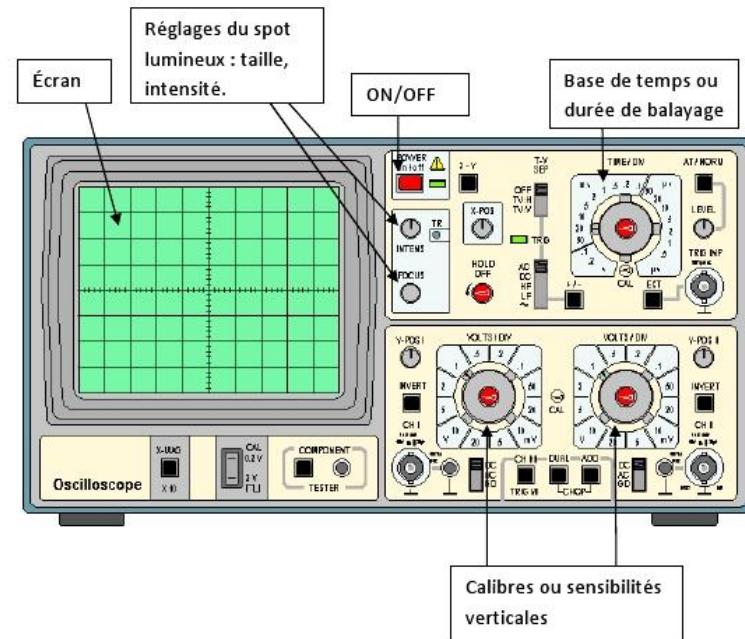


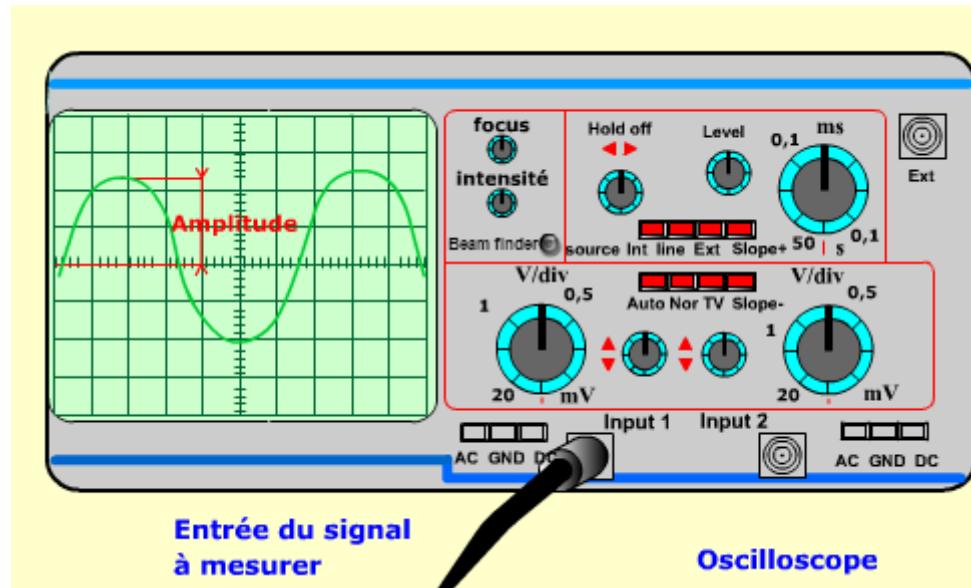
# L'Oscilloscope

..\\Utilisation d'un oscilloscope.mp4

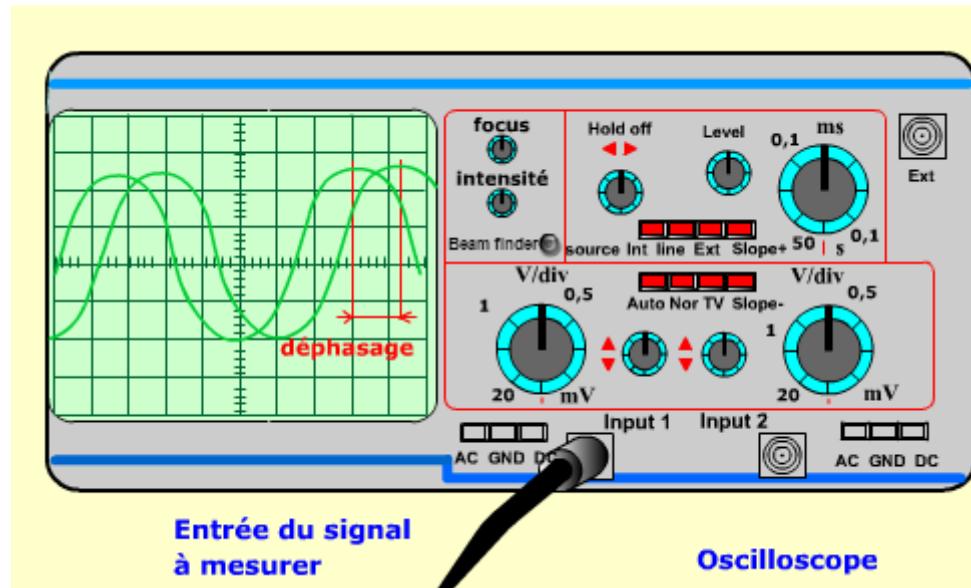


tenir compte des indications pour évaluer l'amplitude, la période et la fréquence de ce signal

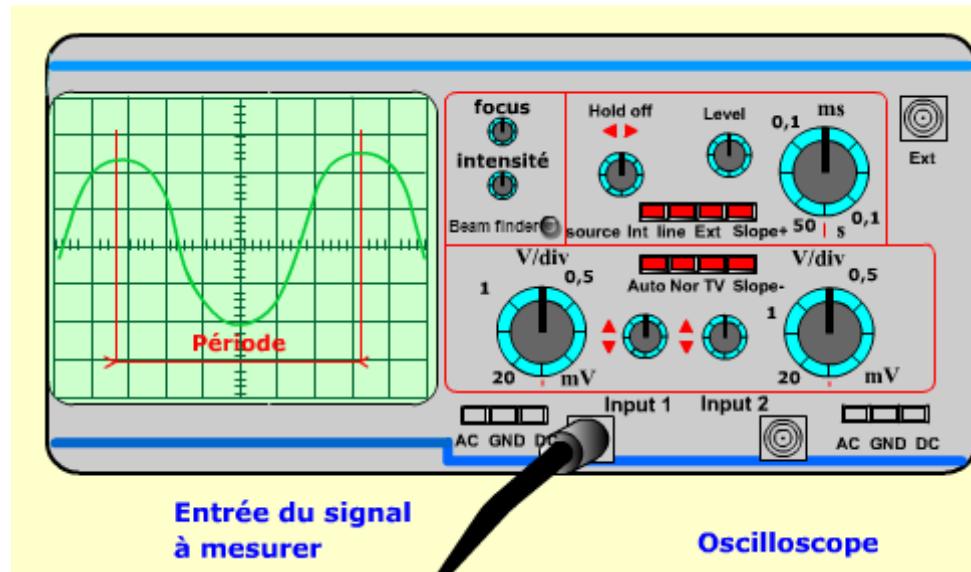




## Mesure d'amplitude OSCILLOSCOPE



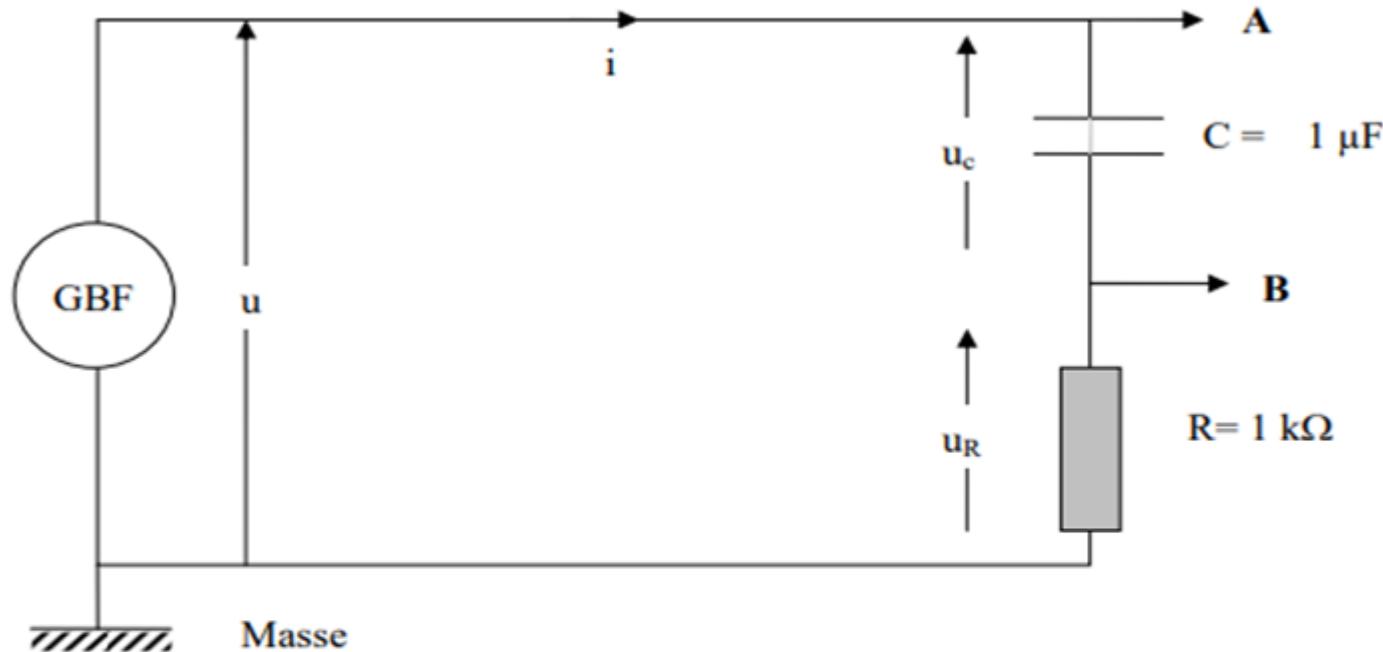
## Mesure de déphasage OSCILLOSCOPE



## Mesure de période (fréquence) OSCILLOSCOPE

# Etude circuit RC à l'Oscilloscope

**Etude d'un circuit comprenant une résistance R et un condensateur C : circuit RC**



Ajuster l'amplitude et la fréquence du signal délivré par le GBF :  $U_{max} = 3 \text{ V}$  et  $f = 1000 \text{ Hz}$

**a) Tracé des 2 oscillogrammes :  $u(t)$  et  $u_R(t)$**

- Identifier les 2 tensions observées sur l'oscilloscope.
- Noter les calibres de la voie A et de la voie B, et la base de temps de l'oscilloscope
- Noter sur les oscillogrammes, tracés avec 2 couleurs différentes, les valeurs maximales des 2 tensions et la période  $T$  du signal.

# Oscilloscope 2

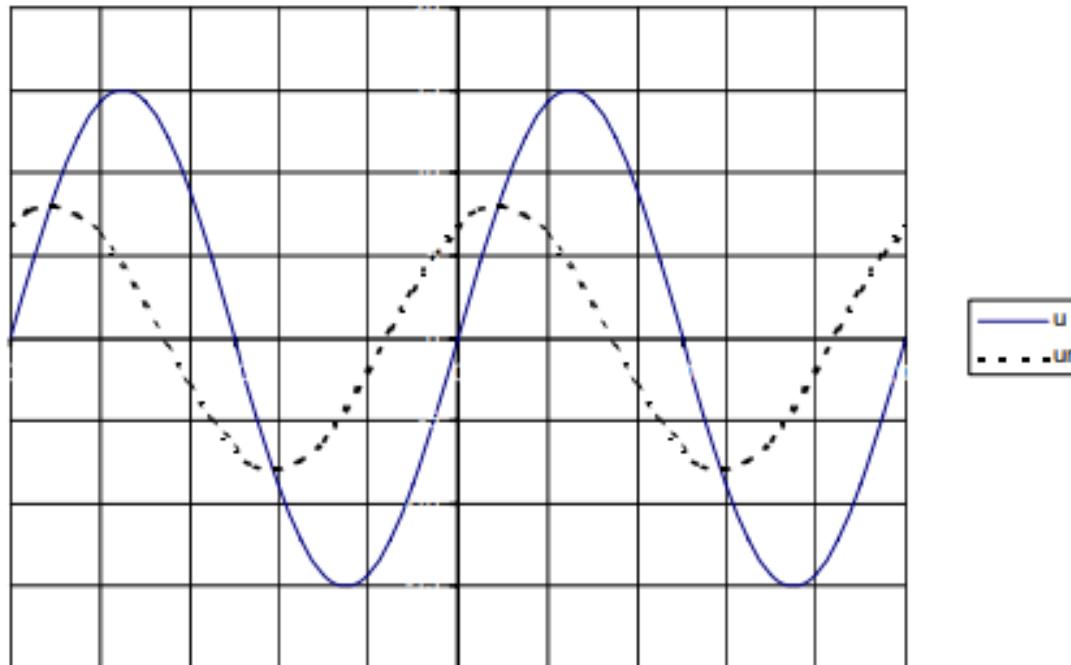
## b) Mesure du déphasage $\varphi$ entre les 2 tensions

La tension sinusoïdale imposée par le GBF a pour expression :  $u(t) = U_{\max} \sin \omega t$

Le circuit est traversé par un courant d'**intensité** :  $i(t) = I_{\max} \sin(\omega t - \varphi)$

$\varphi$  représente le déphasage de la tension  $u(t)$  par rapport au courant  $i(t)$

La tension sinusoïdale aux bornes de  $R_2$  est alors :  $u_R(t) = R i = R I_{\max} \sin(\omega t - \varphi)$



# Oscillo 3

*Sur l'oscillogramme, la tension  $u_R(t)$  est en avance sur la tension  $u(t)$*

$$\varphi = 2\pi \frac{\Delta t}{T} = 2\pi \frac{\text{longueur de } \Delta t}{\text{longueur de } T}$$

- Déterminer  $\varphi$  ;  $\varphi$  s'exprime en radians (rad)
- Donner l'expression numérique de :  $u_R(t) = U_{R_{max}} \sin(\omega t - \varphi)$

Pour un circuit RC série, le **déphasage  $\varphi$**  est donnée par la relation :  $\tan \varphi = -\frac{I}{RC\omega}$

- Calculer  $\tan \varphi$ , puis  $\varphi$ . Trouve-t-on la même valeur que la valeur expérimentale ?

## c) Intensité du courant

Aux bornes de la résistance :  $u_R(t) = R i = R I_{max} \sin(\omega t - \varphi)$

- En déduire l'expression du courant circulant dans ce circuit :  $i(t) = \frac{u_R(t)}{R} = I_{max} \sin(\omega t - \varphi)$

# Oscillo 4

## d) Impédance Z du circuit

De façon générale, l'impédance Z d'un circuit est donnée par la relation :  $Z = \frac{U_{max}}{I_{max}} = \frac{U_{eff}}{I_{eff}} = \frac{U}{I}$

- *A partir des mesures de  $U_{max}$  et  $I_{max}$  effectuées, déterminer l'impédance Z du circuit.*
- *Pour différentes fréquences f délivrées par le GBF, dresser le tableau suivant :*

f(Hz)	1 000 Hz	500 Hz	250 Hz	100 Hz
$U_{max}$	3 V	3 V	3 V	3 V
$I_{max} = \frac{U_{R\ max}}{R}$				
$Z = \frac{U_{max}}{I_{max}}$				
$\Phi$ rad				
$Z_{calculé}$				
$\Phi$ rad calculé				

- *Tracer :  $Z = f(f)$*
- *Comment varie l'impédance Z du circuit en fonction de la fréquence ?*
- *Comment varie le déphasage  $\phi$  en fonction de la fréquence f ?*

# Oscillo 5

L'*impédance Z* du dipôle RC série est donnée par l'expression théorique suivante :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{I}{C\omega}\right)^2}$$

Pour un circuit RC série, le *déphasage φ* est donnée par la relation :  $\tan \Phi = -\frac{I}{RC\omega}$