

Travaux pratiques

D'Electricité – Electronique

IUT GEII Neuville sur Oise

Appareils de mesures

Objectifs :

- Connaître les différents types d'appareils utilisés en électricité et en électronique pour effectuer des mesures en régime continu. En particulier, se familiariser avec l'utilisation d'un multimètre numérique.
- Comprendre la notion d'impédance interne.

1. Le multimètre numérique

Un multimètre numérique réunit en un seul appareil plusieurs types d'appareils de mesures tels que :

- voltmètre
- ampèremètre
- ohmmètre
- fréquencemètre
- ...

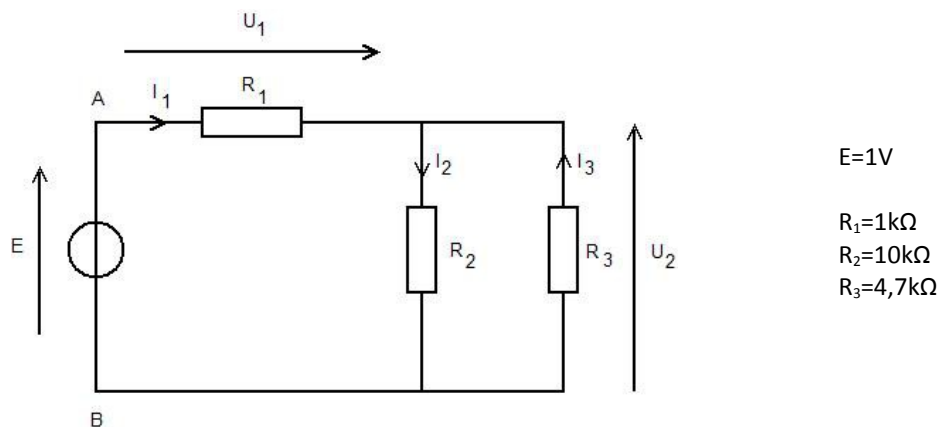
Les modèles de multimètre utilisés dans les salles de TP sont les suivants :

Fluk 45
Agilent 34405A
Métrix MX554

Sont fournis en annexes des extraits de la documentation technique de ces appareils.

2. Mesures de tensions, d'intensités et de résistances

Le montage d'étude est le suivant : nota pour des raisons de sécurité l'alimentation « E » est limitée à 0,1 A



2.1 Mesures de tensions électriques

Les tensions électriques se mesurent avec un voltmètre.

1. Donner le symbole d'un voltmètre.
2. Comment doit-on câbler un voltmètre ?
3. Quelle est l'impédance interne d'un voltmètre idéal ? Justifier votre réponse.
4. A l'aide des extraits des notices constructeurs donner la valeur de l'impédance interne du voltmètre (Préciser la référence de votre multimètre)
5. Placer sur le schéma du montage d'étude les voltmètres permettant de mesurer les tensions E , U_1 et U_2 . Indiquer sur ce schéma les polarités des voltmètres.
6. Câbler le montage et effectuer les mesures des tensions précédentes. Indiquer dans chaque cas la précision de vos mesures.

2.2. Mesure de l'intensité du courant électrique

L'intensité du courant électrique se mesure avec un ampèremètre.

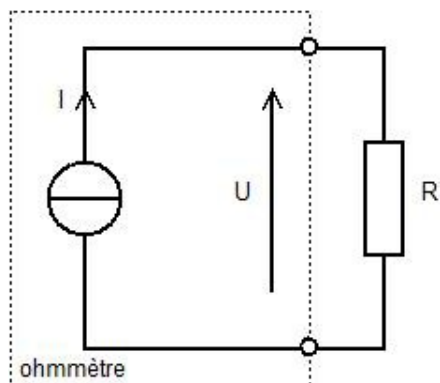
1. Donner le symbole d'un ampèremètre.
2. **Comment doit-on câbler un ampèremètre ?**
3. Quelle est l'impédance interne d'un ampèremètre idéal ? Justifier votre réponse.
4. A l'aide des extraits des notices constructeurs donner la valeur de l'impédance interne de l'ampèremètre (Préciser la référence de votre multimètre)
5. Placer sur le schéma du montage d'étude les ampèremètres permettant de mesurer les intensités I_1 , I_2 et I_3 . Indiquer sur ce schéma les polarités des ampèremètres.
6. Câbler le montage et effectuer les mesures des intensités précédentes. Indiquer dans chaque cas la précision de vos mesures.

2.3 Mesure de résistance

La résistance d'un conducteur ohmique se mesure avec un ohmmètre. Il existe plusieurs méthodes de mesure, nous allons voir le principe de deux d'entre elles :

Par injection d'un courant constant :

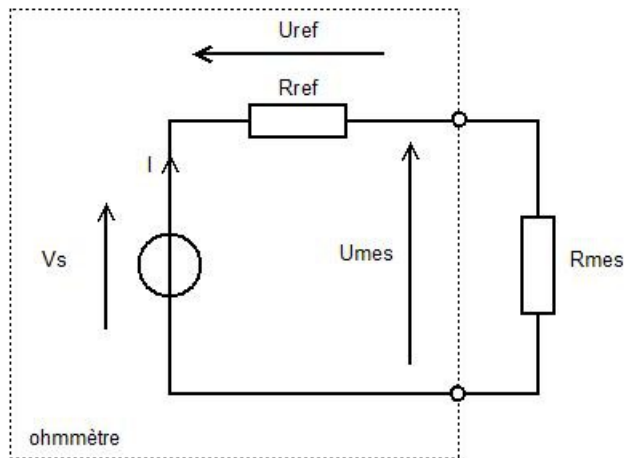
Cette méthode est utilisée par les multimètres Agilent 34405A et Métrix MX554.



Un courant constant I (par exemple 1mA) est injecté dans le dipôle à mesurer. Puis la tension U à ses bornes est mesurée. La valeur de la résistance R est obtenue à partir de la loi d'ohm par la relation (par exemple $R=1000U$ si $I=1\text{mA}$)

Par la méthode dite « des rapports de résistances » :

Cette méthode est utilisée par le multimètre Fluke 45.



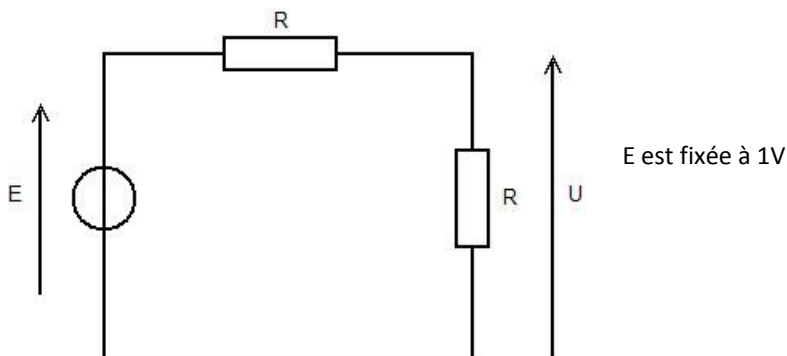
La résistance à mesurer R_{mes} est placée en série avec une résistance de référence R_{ref} . L'ensemble est alimenté par une tension V_s . La mesure des tensions V_{ref} et V_{mes} permet d'obtenir le rapport

Donc

1. Donner le symbole d'un ohmmètre.
2. Comment doit-on câbler un ohmmètre ?
3. Un ohmmètre est-il polarisé ?
4. On souhaite mesurer la résistance R_{eq} de l'association des résistances R_1 , R_2 et R_3 entre les points A et B du montage d'étude. Quelles précautions doit-on prendre afin de :
 - ne pas risquer la détérioration de l'ohmmètre.
 - d'obtenir une mesure juste.
5. Effectuer la mesure de R_{eq} .
Indiquer la précision de la mesure.
Comparer avec la valeur théorique.

3. Influence de la résistance interne d'un voltmètre

On réalise le montage suivant : pour des raisons de sécurité le courant max de « E » est limité à 0,1A

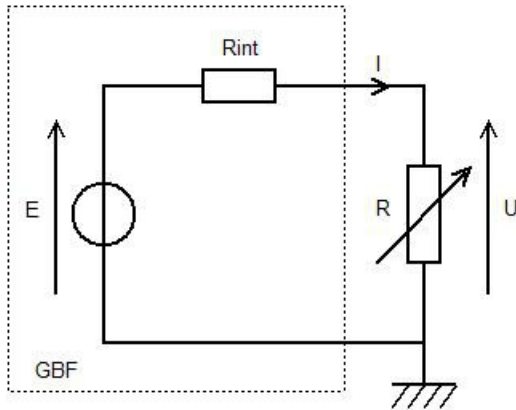


1. Quelle est la valeur théorique de la tension U ? Cette valeur dépend-t-elle de R ?
2. Mesurer la tension U avec le voltmètre numérique puis avec l'oscilloscope pour les valeurs R suivantes : 1k Ω , 100k Ω , 1M Ω et 4,7M Ω .
Présenter les résultats sous forme d'un tableau.
Comparer avec la valeur théorique. Justifier les éventuels écarts.

remarque : l'impédance d'entrée de l'oscilloscope est indiquée sur celui-ci, en général près des fiches BNC des entrées.

4. Mesure de l'impédance interne d'une source

On réalise le montage suivant :



Le générateur de tension utilisé ici est un GBF (Générateur Basses Fréquences) utilisé en continu. La fém E sera réglée à 1V.

R est une résistance variable (utiliser les boîtes de résistances)

1. Régler la fém E à 1V. Détailler votre démarche.
2. Quelle est la valeur de R qui permet d'obtenir . (à montrer au niveau théorique).
Régler R pour avoir . Noter la valeur de R . En déduire la valeur de la résistance interne R_{int} du GBF.

5. Adaptation d'impédance

Le montage d'étude est celui du paragraphe 4.

On note P la puissance absorbée par R . Il y a adaptation d'impédance lorsque la charge R reçoit une puissance maximale.

1. Exprimer P en fonction de R et U .
2. Pour R variant de 1Ω à 500Ω , mesurer la tension U .
3. Tracer la caractéristique $P=f(R)$. En particulier effectuer une mesure précise lorsque la puissance P est maximale.
4. Pour quelle valeur R , la puissance P est-elle maximale ?
Donner l'expression théorique de P_{max} , sa valeur numérique, puis comparer avec vos mesures.

Annexes : extraits des notices des multimètres

Multimètre Fluke 45

La précision est définie par \pm (pourcentage de la lecture + chiffres).

DC VOLTAGE

Gamme	Résolution			Précision	
	Niveau lent	Niveau moyen	Niveau rapide	(6 Mois)	(1 Année)
300 mV	—	10 μ V	100 μ V	0.02% + 2	0.025% + 2
3V	—	100 μ V	1 mV	0.02% + 2	0.025% + 2
30V	—	1 mV	10 mV	0.02% + 2	0.025% + 2
300V	—	10 mV	100 mV	0.02% + 2	0.025% + 2
1000V	—	100 mV	1V	0.02% + 2	0.025% + 2
100 mV	1 μ V	—	—	0.02% + 6	0.025% + 6
1000 mV	10 μ V	—	—	0.02% + 6	0.025% + 6
10V	100 μ V	—	—	0.02% + 6	0.025% + 6
100V	1 mV	—	—	0.02% + 6	0.025% + 6
1000V	10 mV	—	—	0.02% + 6	0.025% + 6

Impédance d'entrée

10 M Ω en parallèle avec <100 pF

REMARQUE

En mode d'affichage double et lorsque les fonctions Volts alt. et Volts cont. sont sélectionnées, le séparateur d'entrée cont. de 10 M Ω est en parallèle avec le séparateur alt. de 1 M Ω .

OHMS

Gamme	Résolution			Précision	Tension au niveau de pleine échelle	Courant maximum jusqu'à l'inconnue
	Niveau lent	Niveau moyen	Niveau rapide			
300Ω	—	10 mΩ	100 MΩ	0.05% + 2 + 0.02Ω	0.25	1 mA
3 kΩ	—	100 MΩ	1Ω	0.05% + 2	0.24	120 μA
30 kΩ	—	1Ω	10Ω	0.05% + 2	0.29	14 μA
300 kΩ	—	10Ω	100Ω	0.05% + 2	0.29	1.5 μA
3 MΩ	—	100Ω	1 kΩ	0.06% + 2	0.3	150 μA
30 MΩ	—	1 kΩ	10 kΩ	0.25% + 3	2.25	320 μA
300 MΩ*	—	100 kΩ	1 MΩ	2%	2.9	320 μA
100Ω	1 mΩ	—	—	0.05% + 8 + 0.02Ω	0.09	1 mA
1000Ω	10 mΩ	—	—	0.05% + 8 + 0.02Ω	0.10	120 μA
10 kΩ	100 mΩ	—	—	0.05% + 8	0.11	14 μA
100 kΩ	1Ω	—	—	0.05% + 8	0.11	1.5 μA
1000 kΩ	10Ω	—	—	0.06% + 8	0.12	150 μA
10 MΩ	100Ω	—	—	0.25% + 6	1.5	150 μA
100 MΩ*	100 kΩ	—	—	2% + 2	2.75	320 μA

* En raison de la méthode utilisée pour la mesure de résistance, les gammes de 100MΩ (niveau lent) et de 300 MΩ (niveau moyen et rapide) ne peuvent enregistrer de mesures au-dessous de 3,125 MΩ et de 20Ω respectivement. L'indicateur "UL" apparaît sur l'affichage pour les résistances inférieures à ces points nominaux et l'interface ordinateur émet +/-" +1E-9".

Tension à vide

3,2 volts maximum pour les gammes de 100Ω, 300Ω, 30 MΩ 100MΩ et de 300 MΩ, 1,5 volts maximum pour toutes les autres gammes.

Protection d'entrée

500 volts CONT. ou bien ALT. efficace pour toutes les gammes

COURANT CONT.

Gamme	Résolution			Précision	Tension charge totale*
	Niveau lent	Niveau moyen	Niveau rapide		
30 mA	—	1 μA	10 μA	0.05% + 3	0.45V
100 mA	—	10 μA	100 μA	0.05% + 2	1.4V
10 A	—	1 mA	10 mA	0.2% + 5	0.25V
10 mA	100 nA	—	—	0.05% + 15	0.14V
100 mA	1 μA	—	—	0.05% + 5	1.4V
10 A	100 μA	—	—	0.2% + 7	0.25V

* Typique au niveau de pleine échelle

Agilent 3445A :

SPECIFICATIONS DC^[1]

FONCTION	GAMME ^[2]	COURANT DE TEST OU TENSION DE CHARGE	IMPEDANCE D'ENTREE ^[3]	PRECISION ± (% de la mesure + % de la gamme)	
				1 an	
				23 °C ± 5 °C	Coefficient de température 0 °C - 18 °C 28 °C - 55 °C
TENSION	100,000 mV	-	10,0 MΩ±2%	0,025+0,008	0,0015+0,0005
	1,00000 V	-	10,0 MΩ±2%	0,025+0,006	0,0010+0,0005
	10,0000 V	-	10,1 MΩ±2%	0,025+0,005	0,0020+0,0005
	100,000 V	-	10,1 MΩ±2%	0,025+0,005	0,0020+0,0005
	1000,00 V	-	10,0 MΩ±2%	0,025+0,005	0,0015+0,0005
RESISTANCE	100,000 Ω	1,0 mA	-	0,05+0,008 ^[4]	0,0060+0,0008
	1,00000 kΩ	0,83 mA	-	0,005+0,005 ^[4]	0,0060+0,0005
	10,0000 kΩ	100 µA	-	0,005+0,006 ^[4]	0,0060+0,0005
	100,000 kΩ	10,0 µA	-	0,05+0,007	0,0060+0,0005
	1,00000 MΩ	900 nA	-	0,06+0,007	0,0060+0,0005
	10,0000 MΩ	205 nA	-	0,25+0,05	0,0250+0,0005
	100,000 MΩ	205 nA 10 MΩ	-	2,00+0,005	0,3000+0,0005
COURANT	10,0000 mA	< 0,2 V	-	0,05+0,015	0,0055+0,0005
	100,000 mA	< 0,2 V	-	0,05+0,005	0,0055+0,0005
	1,00000 A	< 0,5 V	-	0,20+0,007	0,0100+0,0005
	10,0000 A	< 0,6 V	-	0,25+0,007	0,0150+0,0005
	100,000 A	< 0,6 V	-	0,25+0,007	0,0150+0,0005
CONTINUITÉ	1000 Ω	0,83 mA	-	0,05+0,005	0,0050+0,0005
TEST DE DIODES ^[5]	1,0000 V	0,83 mA	-	0,05+0,005	0,0050+0,0005

[1] Spécifications pour un délai de chauffe de 30 minutes, une résolution de 5 1/2 chiffres et température de calibrage de 18 °C - 28 °C.

[2] 20 % de la gamme, sur toutes les gammes à l'exception de 1000 V DC.

[3] L'impédance d'entrée est en parallèle avec la capacité < 120 pF.

[4] Spécifications pour une mesure ohmique sur 2 fils avec Math Null. Sans Math Null, ajouter 0,2 Ω d'erreur additionnelle.

[5] Spécifications pour la tension mesurée uniquement aux bornes d'entrée.

[6] 20 % de la gamme, sur toutes les gammes à l'exception de 750 V AC

[7] Spécifications pour des entrées sinusoïdales > 5 % de la gamme. Facteur de crête maxi : 3 à pleine échelle.

[8] Erreur additionnelle à ajouter quand la fréquence est > 30 kHz et l'entrée de signal est < 10 % de la gamme. 30 kHz ~ 100 kHz : 0,003 % de la pleine échelle, par kHz.

[9] Pour une entrée < 200 V eff.

[10] Pour une entrée < 300 V eff.

[11] Pour une borne 12 A, 10 A DC ou AC eff. continu, > 10 A DC ou AC eff. pendant 30 secondes ON et 30 secondes OFF.

[12] Pour les gammes 1 A et 10 A, la fréquence est vérifiée pour moins de 5 kHz.

[13] Spécifications pour un délai de chauffe de 30 minutes, à l'ouverture de 0,1 seconde. La fréquence peut être mesurée jusqu'à 1 MHz avec un signal 0,5 V jusqu'aux gammes 100 mV/1 V.

[14] Pour 20 Hz ~ 10 kHz, la sensibilité est égale au courant d'entrée AC de 10 % à 120 % de la gamme, sauf exception signalée.

[15] Pour 100 kHz ~ 300 kHz, la sensibilité sera égale à 12 % ~ 120 % de la gamme, sauf pour la gamme 750 V.

SPECIFICATIONS DE MESURE SUPPLEMENTAIRES

TENSION DC

Méthode de mesure :

Convertisseur N-A Sigma Delta

Résistance d'entrée :

10 M Ω \pm 2 % de la gamme (typique)

Protection de l'entrée :

1000 V sur toutes les gammes

RESISTANCE

Méthode de mesure :

Ohmique, 2 fils

Tension de circuit ouvert :

Limitée à < 5 V

Protection de l'entrée :

1000V sur toutes les gammes

COURANT DC

Résistance du shunt :

0,1 Ω à 10 Ω pour les gammes 10 mA à 1,2 A

0,01 Ω pour la gamme 12 A

Protection de l'entrée :

Panneau avant Fusible 1,25 A, 500 V pour la borne I

Interne Fusible 15 A, 600 V pour la borne 12 A

MétriX MX554 :

Seules les valeurs affectées de tolérances ou de limites constituent des valeurs garanties. Les valeurs sans tolérances sont données à titre indicatif (norme NFC 42 670).
 {Précision : "n%L + nUR" signifie "n% de la lecture + n Unité de Représentation" selon CEI 485}.

6.1. Tensions continues

Position du commutateur	Gammes	Précision	Impédance d'entrée	Protection	Résolution
mV	500 mV	0,05%L + 2UR	10 MΩ / 1 GΩ *	± 1100 V _{PK} **	10 μV
V _{cc}	5 V	0,05%L + 2UR	11 MΩ	± 1100 V _{PK}	100 μV
	50 V	0,05%L + 2UR	10 MΩ	± 1100 V _{PK}	1 mV
	500 V	0,05%L + 2UR	10 MΩ	± 1100 V _{PK}	10 mV
	1000 V	0,05%L + 2UR	10 MΩ	± 1100 V _{PK}	100 mV

* Voir paragraphe 3.3.

** 1 mn max

Nombre de points : 50 000 (ou 5 000 voir paragraphe 3.3.)

Sélection des gammes : automatique ou manuelle pour les gammes 5 V, 50 V, 500 V, 1000 V

Réjection de mode commun : à 50 et 60 Hz, supérieure à 120 dB

Réjection de mode série : à 50 et à 60 Hz, supérieure à 60 dB

Erreur additionnelle en mode Pk +/- pour une impulsion de largeur ≥ 1ms : 1% L ± 50 UR

Pour les mesures effectuées sur des signaux alternatifs, le calibre choisi doit correspondre à la valeur maximale de la crête du signal.

Courants continus

Position commutateur	Gammes	Précision	Chute de tension max	Protection	Fusibles*	Résolution
μA mA	500 μA	0.2%L+5UR	700 mV	600 VRMS	F1 + F2	10 nA
	5 mA	0.2%L+2UR	700 mV	600 VRMS	F1 + F2	100 nA
	50 mA	0.05%L+2UR	700 mV	600 VRMS	F1 + F2	1 μA
	500 mA	0.2%L+2UR	1.5 V	600 VRMS	F1 + F2	10 μA
10 A**	10 A	0.5%L+5UR	500 mV	600 VRMS	F2	1 mA

* voir caractéristiques des fusibles paragraphe 7.1.1

** surcharge de 20 A admissible pendant 30 s max. avec un temps de pause d'au moins 5 min entre 2 mesures

Nombre de points : 50 000 (ou 5 000 voir paragraphe 3.3.)

Sélection des gammes : automatique ou manuelle pour les gammes 500 μA, 5 mA, 50 mA, 500 mA

Erreur additionnelle en mode Pk +/- pour une impulsion de largeur ≥ 1ms : 1% L ± 50 UR

Pour les mesures effectuées sur des signaux alternatifs, le calibre choisi doit correspondre à la valeur maximale de la crête du signal.

Résistances / Mode continuité

Gammes	Précision	Courant de mesure	Protection *	Résolution
500 Ω / ●	0.07%L+5UR	1 mA	600 VRMS	10 m Ω
5 k Ω	0.07%L+2UR	100 μ A	600 VRMS	100 m Ω
50 k Ω	0.07%L+2UR	10 μ A	600 VRMS	1 Ω
500 k Ω	0.07%L+2UR	1 μ A	600 VRMS	10 Ω
5 M Ω **	0.3%L+2UR	100 nA	600 VRMS	100 Ω
50 M Ω **	1%L+2UR	10 nA	600 VRMS	1 k Ω

* protection contre les surcharges réarmable automatiquement

** l'utilisation de fils très courts et blindés est vivement recommandée pour les mesures effectuées dans cette gamme (>1 M Ω).

Lors de mesure de résistance, il convient de relier la borne COM à la terre.

Nombre de points : 50 000 (ou 5 000 voir paragraphe 3.3.)
Sélection des gammes : automatique ou manuelle (figé en mode continuité)
Tension maximale en circuit ouvert : 7 volts
Seuil de détection en mode continuité : 10 Ω à 20 Ω
Temps de réponse du mode continuité : 1 ms