

''''''Wp> ul² 'O qwqwf 'O co o g tkf g'Vl kQw| qw''''''''''''''''

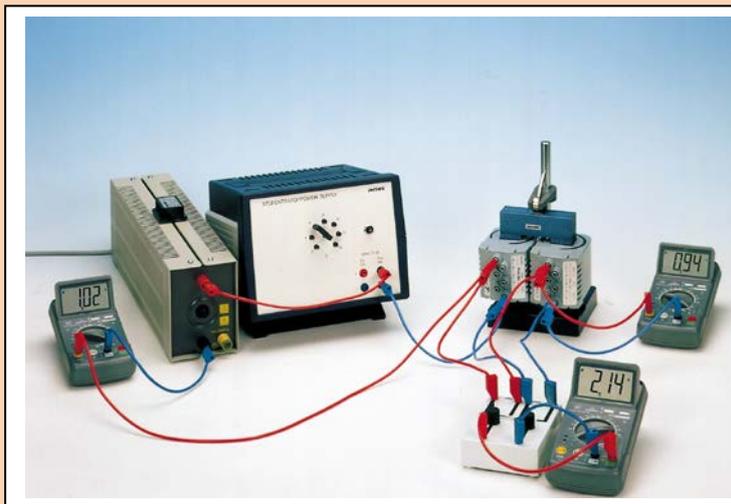
'Hcwn² 'f gu'telgpegu'



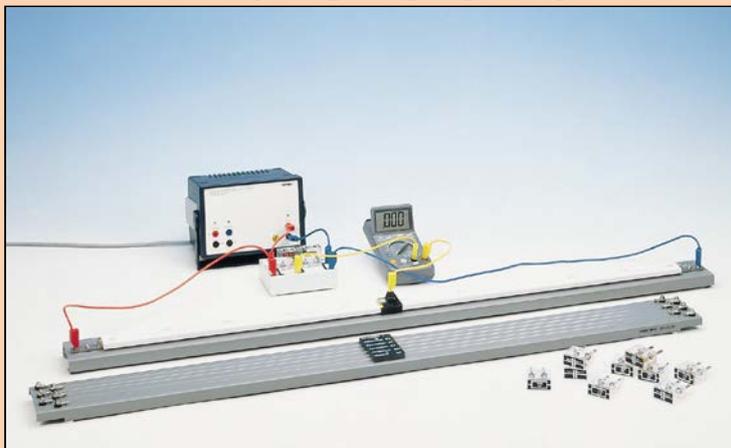
F² rctvgo gpv'f g'rj { uls wg''

Nc 'Eqngevkqp 'VR'f g'RJ [UKS WG''

Vt cxcwz 'Rt c vls wgu'f)GNGE VT K E KVG



'Gwf g'f)wp't cpulqt o cvgt''



O² vj qf g'f w't qp v'k 'hkl'



Hcewr² 'f gu'Uelgpegu'



F² r ct vgo gpv'f g'Rj { uls wg''

Travaux Pratiques d'Electricité 1ère année

Liste des séances de TP

20U² cpeg'f)kvt qf wevlp

30 O gwt g'f g't² ulwpeg<O² vj qf gu'f g'èqo r ct ckup'gv'f)qr r quklp'*O +

40Gwf g'f)wp'vt cpulqto cvgt '*O +

50 O gwt g'f g't² ulwpeg<O² vj qf gu'Co qpv/Cxcl'*O +

60Gwf g'f g'h'queknueqr g'*O +

O ? 'VR'twt 'O cv² t lgn



TP n° 0 : Séance de préparation aux TP d'électricité

1. Termes associés

Wkkucvqp fgu crctgku fg o guwtg ²ngvts wgu. xqno ³tg. co r³tgo ³tg. quekmueqr g. dq,vg fg eqppgzkq. hku ²ngvts wgu. fkh²tgpw vrgu fg t²ukvpegu *ucpctf. hcktg. dq,vg CQR. xctkdrng(00): eqpf gpucvgt. crctgkn fg o guwtg fg ej co r ²ngvts wg. dqdkpgu o wmk/ur ktgu. vcpuhqto cvgt(

2. Principe et objectifs

Ngu vxcwz rtcvks wgu fg rj {uks wg eqpukwcpv n² r² o gpv kpf kur gpucdrng fg n² wfg fg r rj {uks wg0 F }wp g rctv. qp crrtgpf ngu o ²vj qf gu hqpf co gpvcrgu fg o guwtg- qp crrtgpf « hcktg eqttgevo gpv ngu o guwtg gv « ²xcmgt ngwu kpegtkvwf gu0 F)cwtg rctv. qp ug hco kktkug cxge ngu cr rctgku fg o guwtg ²ngvts wgu0Egw u² cpeg f)kpkvqp qwf kvtqf wvqp r gto gwtc « n² wfkcpvf g ug hco kktkug cxge ng o cv² tgn s wkn wktkug f wcpvegu vxcwz rtcvks wgu f }ngvts k². pqwo o gpv nco r³tgo ³tg. ng xqno ³tg. ngu fkh²tgpv t²ukvpegu. ngu dq,vg fg eqppgzkq. nquekmueqr g. ng vcpuhqto cvgt. (00)ve0 kcr rtgpf tc ²i crgo gpv«

/ Tgeqppc,vg ngu f kxgtu eqpukwcpv f)wp ektevk²ngvts wg(

/ Hcktg eqttgevo gpvf gu o guwtg fg vgpukq gvfg eqwcpv²ngvts wgu f cpu wp ektevk(

/ Wkkugt wp o wko ³tg pwo ²ts wg < ugu hpevkpu *xqno ³tg. co r³tgo ³tg. qj o o ³tg. ecr celo ³tg. gv0: ngur t²ecwkpu « rtgpf tg. nguko cvkp fg ngttwt utw r o guwtg(

/ X²tkht g z r²tlo gpvcrgo gpvr nqkf)Qj o gvrgu nku fg Mte j qh < nqkf gu pò wf u gv nqkf gu o cknug(

/ T²crkug wp ektevk²ngvts wg f)r t³u wp uej ²o c(

/ Xkwcrkug wp vgpukq utw nquekmueqr g(

Gv gphk. cr rtgpf tg « tgur gevgt egtvkpgu o guwtg fg u²ewk² *ect vqwg o cpr wvqp \$ko r twf gpv\$ f gu ektevk²ngvts wgu r qwtckveqpuwgt wp f cpi gt r qwt ng o cpr wvgt gvr qwt uqp gpvwtci g-0

3. Conseils généraux

3.1. Avant la séance :

Rqwt 'vtg r tqhkcdng. wp g o cpr wvqp f qkvxqk² r t²r ct²g « nxcpeg r ct n² wfg f wvzvg fg r o cpr wvqp gv f gu rctci ter j gu eqttgur qpf cpw f w eqwtu0 Cw f²dw fg ej cs wg u² cpeg fg VR. ngpugki pcpvr tqe² f gtc « wp g kvtgtqi cvkp ²etkg dt³xg *gpvktqp 32o p+r qwt ²xcmgt r r t²r ctvqp fg r o cpr wvqp0 k h w f qpe. gp eqpu² s wpeg. s wg n² wfkcpv ckv r t²r ct² « nxcpeg r r ctvk

Le schéma ci-dessous illustre la configuration des appareils de mesure pour la mesure de la puissance active dans un circuit triphasé équilibré. Les wattmètres sont connectés en méthode des deux wattmètres.

3.2. Pendant la séance :

1/ Mesurer la puissance active P en utilisant la méthode des deux wattmètres. Noter les lectures des wattmètres W_1 et W_2 .

2/ Calculer la puissance active P à partir des lectures des wattmètres.

3/ Mesurer la puissance réactive Q en utilisant la méthode des deux wattmètres. Noter les lectures des wattmètres W_1 et W_2 .

4/ Calculer la puissance réactive Q à partir des lectures des wattmètres.

5/ Mesurer la puissance complexe S en utilisant la méthode des deux wattmètres. Noter les lectures des wattmètres W_1 et W_2 .

6/ Calculer la puissance complexe S à partir des lectures des wattmètres.

7/ Mesurer le facteur de puissance $\cos \phi$ en utilisant la méthode des deux wattmètres. Noter les lectures des wattmètres W_1 et W_2 .

8/ Calculer le facteur de puissance $\cos \phi$ à partir des lectures des wattmètres.

9/ Mesurer la puissance active P en utilisant la méthode des deux wattmètres. Noter les lectures des wattmètres W_1 et W_2 .

10/ Calculer la puissance active P à partir des lectures des wattmètres.

4. Ampèremètre et voltmètre analogiques

4.1. Utilisation:

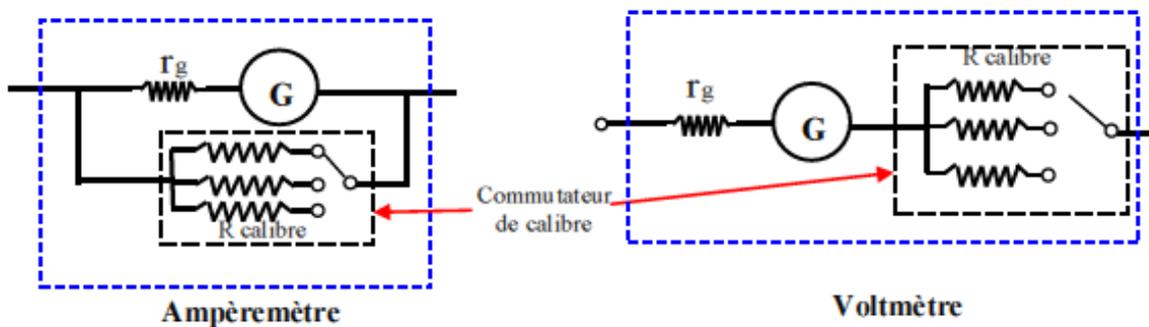
1/ Mesurer le courant I en utilisant l'ampèremètre analogique. Noter la lecture de l'ampèremètre.

2/ Mesurer la tension U en utilisant le voltmètre analogique. Noter la lecture du voltmètre.

o qdlng *o krrko r³tgo³vtg+ gv f gu t²ukwcegu kpvgtpgu s wkr gto gwgpv ng ej cpi go gpvf g ecrkdtg f g
 o guwtg *xqk hki wtg 3-(Ku uqpvf qv²u f)wp ecf tcp i tcf w² *eqpvpcpvi²p²tcrgo gpvf gwz²ej gmg f g
 rgewtg. 2/322 gv2/52+. r gto gwcpv r rgewtg f g r i tcpf gwt o guwt²g. gv f)wp dqwqp eqo o wcvgt
 r gto gwcpvf g ej qkuk ng ecrkdtg cf²s wcv r qwt r o guwtg gv ng v{r g f g eqwtcpv « o guwtgt *eqpvkwqw
 cngt pcvkhf

Ngu t²ukwcegu kpvgtpgu r_i uqpv i²p²tcrgo gpvf g hckdrgu xcrwtu f cpu ng ecu f gu co r³tgo³vtgu
 *gmg guvpwng r qwt wp co r³tgo³vtg kf²cm. cmqtu s w)mg uqpv f g xcrwtu²rgx²gu f cpu ng ecu f gu
 xqno³vtgu *gmg guv kphkpg r qwt wp xqno³vtg kf²cm0 Ngu xcrwtu f g egu t²ukwcegu kpvgtpgu
 f²r gpf gpv²i crgo gpvf wecrkdtg wkrk²<

/ r qwt nco r³tgo³vtg. gmg uqpv f qpp²gu r ct ng eqputwevgw uwt uc pqvleg f)wkrkucvqp=



/ r qwt ng xqno³vtg. wp pqo dtg gp nΩ/V kpf ksw² uwt ng ecf tcp. r gto gv f g ngu²xcrwt gp
 o wkr rcpveg pqo dtg r ct ng ecrkdtg wkrk²(

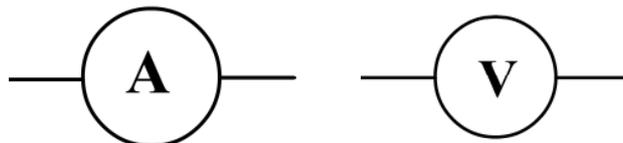


Figure 1 <Tgr t²ugpvckqp uko r rkk²g f)wp co r³tgo³vtg gv f)wp xqno³vtg qÁr_g guv r t²ukwcegu f wg
 « r dqlpg f wi crkcpqo³vtg gv R_{calibre} egmgu kvqtqf wkgu r qwt r gto gwtg f gu o guwtgu uwt r wukgwu
 ecrkdtgu0N)cuuqekvckqp f g egu t²ukwcegu f qppg r t²ukwcegu kpvgtpg r_i(

4.2. Branchement:

Wp co r³tgo³vtg ug dtcpej g vqlqwtu gp u²tkg f cpu wp ekewk²ngvts wg. cmqtu s w)wp
 xqno³vtg f kv²vtg dtcpej² gp r ctm³ng uwt r r qtckqp f g ekewk²f qpvp qp xgw o guwtgt r
 vgpukqp *qwf klt²gpeg f g r qvpgvkn gpvgtg f gwz r qkpu f wektevkw. eqo o g ng o qpvgt r hki wtg
 4 ek/f guuqwf

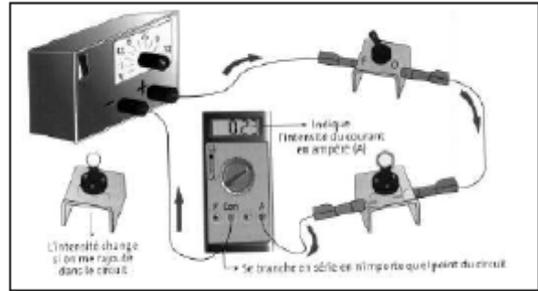
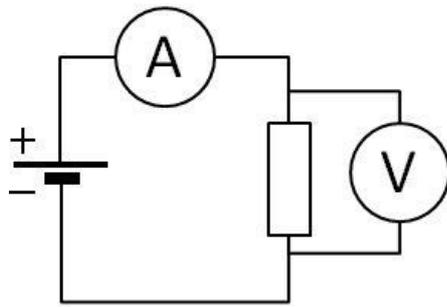


Figure 2: Mode de branchement de l'ampèremètre (1 et 2) et du voltmètre (1).

4.3. Lecture et choix du calibre de l'appareil:

Ng ej qkz f wecrkdtg r qwt wpg o guwtg eqttgewg f g n i tcpf gwt ²ngvts wg *vpuqp qweqwtcpv+f qkv
 'vtg ghgew² gp uwxcpvrgu² vr gu ek/cr t³u<
 / Qp ej qkukf)cdqtf ng ecrkdtg ng r nu²ngx² r qwt ²xkvt vqwgpqo o ci go gpvf g ncr r ctgkn
 / r wku. i t-eg cweqo o wcvgt. qp ng f lo kpwg lwus w) eg swg ncki wknng f wecf tcp uqkvf² xk² g uwt n<
 r ctvkg f tqkg f wecf tcp. ucpu vqwhqku uqtvt f g n² ej gmg0
 / Ng ecrkdtg cf² s wcvguvegnks wkguvko o ²f kcvgo gpvuwr² tkwt « n xcrwt o guwt² gf
 / Rqw n ngewtg f g n xcrwt Z f g n o guwtg *kpvpuq² f g eqwtcpv cxge wp co r³tgo³ vtg qw
 vpuqp cxge wp xqno³ vtg+. qp wknug n tgrvqp<

$$X = \text{lecture} \cdot \frac{\text{calibre}}{\text{échelle}}$$

Rqwt ngu cr r ctgku f kur qpkdngu cw rcdqtevtkg. ngwt ²ej gmg r gwv 'vtg f g 322 qw f g 52=chkp f g
 hceknvt ngu ecrewnu. qp ej qkuk n² ej gmg 322 r qwt ngu ecrkdtgu f g hceknqp qw f g o wkn ng f g 32 *20.
 3. 32. 322. 00ve0: gvegm f g 52 r qwt ngu ecrkdtgu o wkn ngu f g 5 *20. 5. 52. 522.00ve0f

4.4. Incertitudes de mesures:

Rcto kngu kpegtkwf gu uki pcif gu f cpu ng hcuekwg f g O²ecpls wg. kn { c egmg f wg cwz cr r ctgku f g
 o guwtg0 Fcpu ng ecu f g nco r³tgo³ vtg qw f w xqno³ vtg. egwg kpegtkwf g guv hqwtplg r ct ng
 eqputwegwt r ct ng dkcu f g n encuug f g ncr r ctgkn wp pqo dtg hki wtcpv uwt ncr r ctgkn= eg ej khtg
 kpf ks wg n r t²ekukqp f gu o guwtgu ghgew² gu cxge ncr r ctgkn=r nu kn guv r gkv. r nu n r t²ekukqp guv
 o gmgwtg N)kpegtkwf g cduqng f wg « ncr r ctgkn guvf qpp² g r ct n tgrvqp<

$$\Delta X = \frac{\text{classe} \cdot \text{calibre}}{100}$$

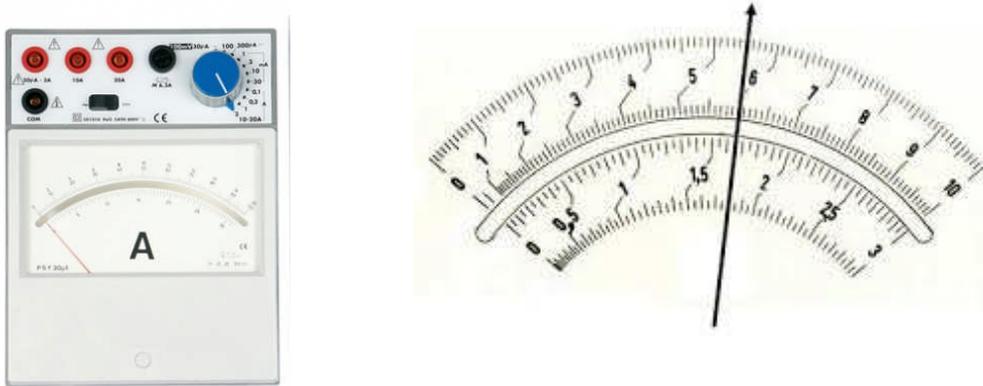


Figure 3 <Co r³tgo³vtg gv²ej gngu f g ngewtg

5. Travail à effectuer

Gp wkducvnc dq,vg f g eqppgzkqp. ngu t²ukwpegu T₃ gvT₄. ngu hku f g eqppgzkqp. ng eqo o wcvgt gv ng i²p²tcvgw *uwt ng r wr ktg f g vxcnk<

/ T²crkugt ng o qpvc i g f g n hki wtg 6 ek/f guuqwu *le faire vérifier par l'enseignant de TP avant d'alimenter+.

/ Hkzgt n vgpukqp f²nkx²g r ct ng i²p²tcvgw « 8X *« eqpt¹ngt cxge ng xqno³vtg+.

/ O guwtgt. « nckf g f g nco r³tgo³vtg. nkpvuk² f weqwtcpv²tcxgtucpvT₃ gvT₄ORqwt nco r³tgo³vtg. knhwvqlqwtu ej qkukt. cwf²dw. ng r nu i tcpf ecrkdtg *r qwt²xkgt f g ng i tkngt): r wku f ko kpwgt ng ecrkdtg lwus w» egnkklwug uwr²tkgt « n xcrigt o guwt²g f weqwtcpvOC nckf g f wxqno³vtg. o guwtgt n vgpukqp W₃ cwz dqtpgu f g T₃ *gp tgur gewcvnc r tqe²f vtg f wecrkdtg ng r nu²ngx² lwus w» wecrkdtg cf²s wevr qwt n o guwtg+ r wku W₄ cwz dqtpgu f g T₄(

/ Hctg wp ecrewnf kpegtkwf gu uwt ngu o guwtgu ghgew² gu

/ Eqo r ctgt W₃- W₄ « GOEqpenukqp(

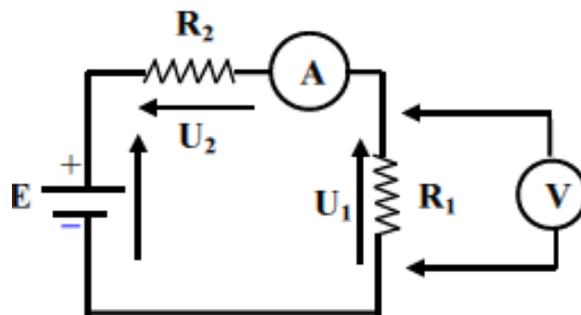


Figure 4 <O guwtg f g eqwtcpvgvf g vgpukqp « nckf g f g nco r³tgo³vtg gv f wxqno³vtg



TP n°3: Mesure de résistances par les méthodes de comparaison et d'opposition

1. Termes associés

Résistance, lois de Kirchhoff, conducteur, circuit, tension, branchement série, branchement parallèle, méthode de comparaison (de courants ou de tensions), méthodes d'opposition ou méthodes des ponts (pont à fil et pont de Wheatstone).

2. Principe et objectif

On peut mesurer une résistance R_x inconnue à l'aide de plusieurs méthodes; on a vu dans le TP n°1 les méthodes Aval et Amont, nécessitant l'utilisation d'un voltmètre et d'un ampèremètre et l'application de la loi d'Ohm. Dans ce présent TP, deux méthodes alternatives de mesure de résistances sont proposées: celle dite de comparaison et celle dite d'opposition. Dans la première méthode, on accède à la mesure d'une résistance inconnue en la comparant à une résistance étalon, les deux résistances pouvant être branchées en parallèle (comparaison de 2 courants) ou en série (comparaison de 2 tensions). Dans la seconde méthode d'opposition dite 'des ponts', on utilise un assemblage fermé de quatre résistances dont la résistance inconnue à mesurer. Le principe est d'équilibrer le pont en utilisant soit des résistances connues ou variables (boite AOIP), dans le cas de la méthode du pont Wheatstone, soit une résistance standard connue et des fils métalliques de longueurs variables, dans le cas de la méthode du pont à fil.

3. Théorie et évaluation

Ici, on présente les deux méthodes de mesures de résistances, différentes l'une de l'autre et connues sous le nom de méthodes de comparaison ou d'opposition.

3.1. Méthodes de comparaison

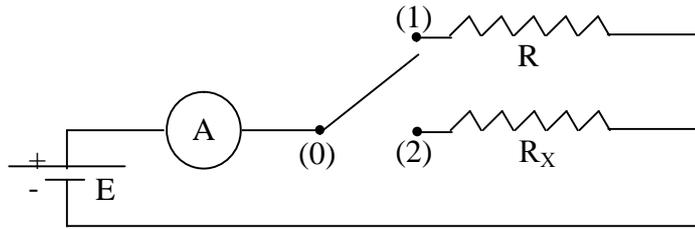
Dans ces méthodes de mesure de résistances, on compare la grandeur à mesurer (résistance inconnue) à une grandeur de même nature parfaitement connue (étalon).

Il existe deux types de méthodes de comparaison, selon la nature de grandeur auxiliaire qui permet la mesure (courant ou tension).

3.1.1. Comparaison de deux courants

On cherche à mesurer une résistance inconnue R_x en la comparant à une résistance étalon R et en choisissant comme grandeur auxiliaire, le courant traversant ces deux éléments.

Le schéma est le suivant:



Le courant étant établi entre les deux bornes (0) et (1), l'ampèremètre mesure un courant ($I_1=E/R$), en supposant négligeable sa résistance interne.

En établissant la liaison (0) et (2), on aura de même: ($I_2=E/R_X$)

$$\text{d'où : } (R_X=R \cdot I_1/I_2)$$

Examinons l'influence de la résistance interne de l'appareil de mesure :

On aura sur le schéma de principe :

$$E=(R + R_a) I_1= (R_X + R_a) I_2$$

$$\text{d'où: } R_X= [R \cdot (I_1/I_2)] + [R_a (I_1-I_2)/I_2]$$

Le terme correctif est alors: $[R_a (I_1-I_2)/I_2]$.

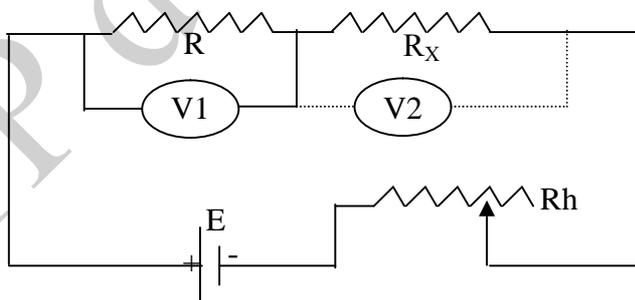
Il peut s'annuler si ($I_1=I_2$) ou ($R_X=R$).

3.1.2. Comparaison de deux tensions

Si dans la méthode de comparaison de deux courants, les deux résistances étaient alimentées sous une même d.d.p et si l'on comparait les deux courants, l'inverse est naturellement possible.

On fait parcourir les deux résistances par le même courant (résistances en série) et on va mesurer les deux d.d.p (ou tensions) aux bornes de chaque résistance.

Le schéma de principe est donné ci-dessous:



Si l'on suppose la résistance g du voltmètre très grande, on a, en branchant le voltmètre:

- aux bornes de R : ($V_1=R \cdot I$)

- aux bornes de R_X : ($V_2=R_X \cdot I$)

$$\text{d'où } R_X=R \cdot (V_2/V_1)$$

Si la résistance g du voltmètre n'est pas infinie, le branchement de celui-ci aux bornes de R , puis de T_Z , change le courant principal I .

En jouant sur le rhéostat R , on peut maintenir ce courant constant.

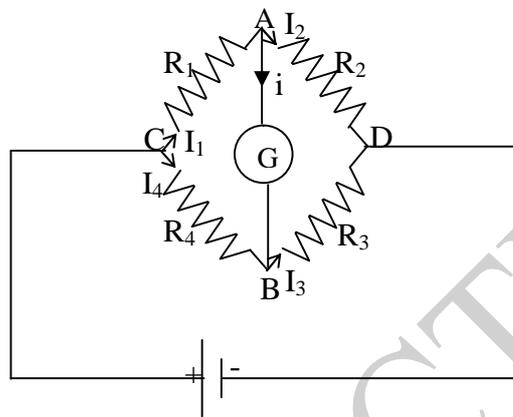
Montrez, dans ce cas, que T_Z peut s'écrire:

$$T_Z = R \cdot (V_2/V_1) \cdot 1/[1 + R/g(1 - V_2/V_1)].$$

3.2. Méthodes d'opposition (ponts)

3.2.1. Pont de Wheatstone

On appelle pont de Wheatstone, l'assemblage de résistance ci-dessous:



La branche AGD représente le pont proprement dit, jeté entre CAD et CBD.

Dans le cas général, la d.d.p ou tension $(V_A - V_B) \neq 0$.

Toutefois, le pont est dit équilibré lorsque la tension $(V_A - V_B)$ et le courant i traversant le galvanomètre sont nuls.

A l'équilibre: $V_A - V_B = 0$ et $i = 0$

On a: $V_C - V_A = R_1 \cdot I_1$ et $V_C - V_B = R_4 \cdot I_4$

On a d'autre part: $V_A - V_D = R_2 \cdot I_2$ et $V_A - V_D = R_3 \cdot I_3$

A l'équilibre $(V_A - V_B = 0)$ ou $(V_A = V_B)$

$$(i=0) \text{ ou } (I_1 = I_2) \text{ et } (I_3 = I_4)$$

$$(R_1 \cdot I_1 = R_4 \cdot I_4), \text{ donc: } R_2 \cdot I_2 = R_3 \cdot I_4 \Rightarrow R_1/R_2 = R_4/R_3$$

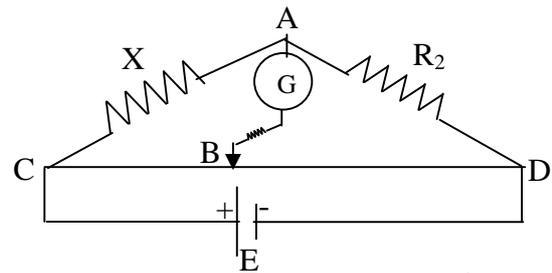
Si R_1 représente la résistance inconnue, notée T_Z , et R_2, R_3, R_4 des résistances connues, on peut déterminer R_x en équilibrant le pont. Soit $T_Z = R_2 \cdot (R_4/R_3)$

On peut procéder de deux manières différentes pour équilibrer le pont.

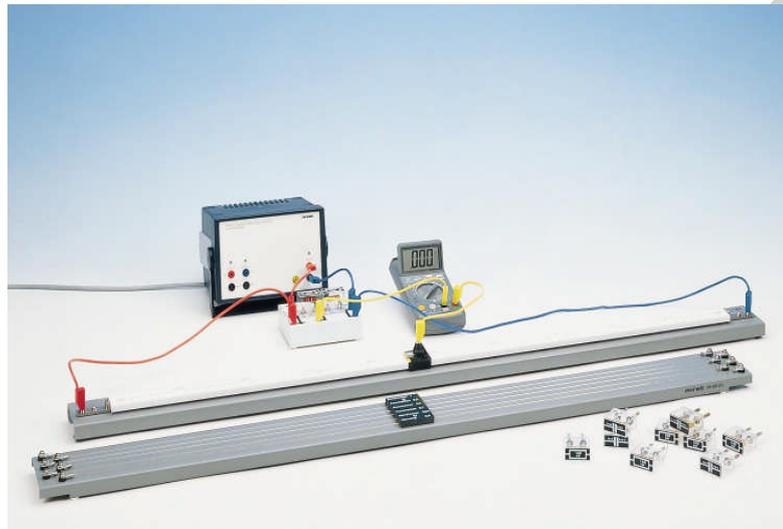
- Ou bien fixer R_2 et faire varier le rapport (R_4/R_3) .
- Ou bien fixer le rapport (R_4/R_3) et faire varier R_2 .

3.2.2. Pont à fil

Le pont à fil est un pont de Wheatstone dans lequel les résistances R_3 et R_4 sont remplacées par un fil résistant fin et calibré CD.



A l'équilibre, on a: $R_X = R_2 \cdot (R_{CB}/R_{BD})$. Comme les résistances R_{CB} et R_{BD} sont proportionnelles aux longueurs CB et BD. On a donc: $X=R_2 \cdot (CB/BD)$



Dispositif expérimental pour la méthode du pont à fil

4. Manipulation

On mesure la (ou les) résistance(s) X par la:

4.1. Méthode de comparaison

4.1.1. Comparaison de 2 courants

- Réaliser le montage de la figure (1)
- Choisir une tension $E = 3V$ et mesurer la résistance R_X . Calculer la correction à apporter à R_X , en tenant compte de la résistance interne R_a de l'ampèremètre.

4.1.2. Comparaison de 2 tensions

- Réaliser le montage de la figure (2)
- Choisir une tension $E = 3V$ et mesurer la résistance R_X , en tenant compte de la résistance interne du voltmètre.

- Comparer les valeurs obtenues pour les deux méthodes. Conclure.

4.2. Méthode d'opposition

4.2.1. Pont de Wheatstone

a) Réaliser le montage de la figure (3)

Prendre (R_2 = résistance variable à décades, prendre au début ($R_4/R_3 = 2,2/1$)

** Avant la mise sous tension, il est conseillé de suivre le mode opératoire suivant afin de ne pas détériorer le galvanomètre:

- 1- Vérifier que le potentiomètre de réglage de la source de tension est au zéro.
- 2- Fermer l'interrupteur K et mettre sous tension.
- 3- Afficher sur R_2 une valeur quelconque au moyen des boutons à décades.
- 4- Donner à E une valeur telle que l'aiguille du galvanomètre dévie dans un sens.
- 5- Essayer de ramener l'aiguille à zéro en jouant sur R_2 par petits bonds de 1 selon la vitesse de déplacement de l'aiguille.
- 6- Augmenter la valeur de E et établir l'équilibre du pont, puis mesurer la résistance inconnue R_X

b) Refaire l'expérience en faisant ($R_4/R_3 = 1/2,2$).

c) Donner une précision sur la mesure.

4.2.2. Pont à fil

a) Réaliser le montage de la figure (4)

Prendre le R_2 fixe (1KOhms ou 2,2 KOhms), le rapport (CB/BD) variable.

b) Mesurer la résistance inconnue R_X en suivant les consignes de 1)

c) Poser (CB=X) et CD=e (longueur de CD), montrer qu'il existe une valeur de X pour laquelle l'incertitude sur R_X est minimale.

d) Le placer dans cette position et équilibrer le pont en faisant varier R_2 (prendre le cas d'une résistance à décades).

En déduire de nouveau R_X .

Comparer les résultats obtenus pour les deux ponts.

RÉSISTANCES INTERNES DES APPAREILS DE MESURE

Les valeurs des résistances internes R_a de l'ampèremètre sont données par le tableau suivant:

Calibre (mA)	0.12	0.6	1	3	6	10	30	60	100	300	600	1000	2000
R_a (Ohm)	2000	330	300	100	33	30	10	3.3	3	1	0.42	0.3	0.1

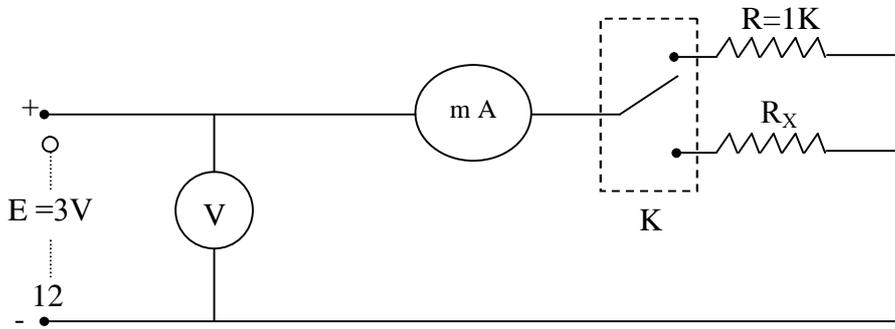


Figure 1

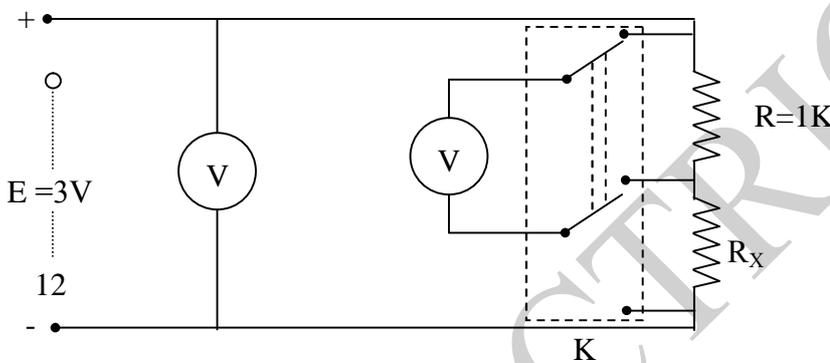


Figure 2

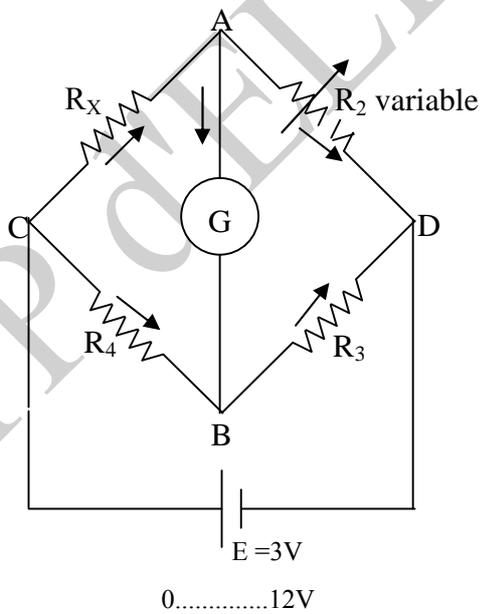


Figure 3

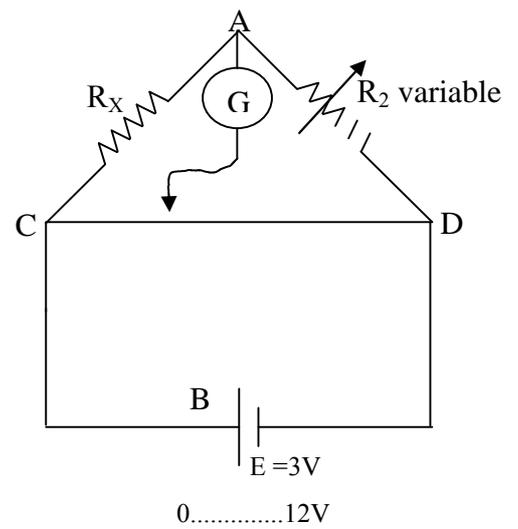


Figure 4



TP n° 2 : Etude d'un transformateur électrique

1. Termes associés

Induction, flux magnétique, transformateur en charge, transformateur à vide, bobines primaire et secondaire, nombre de spires, tension primaire, tension secondaire.

2. Principe et objectif

On se propose d'étudier les relations caractérisant le fonctionnement d'un transformateur et de réaliser quelques expériences illustrant ses principales utilisations.

3. Théorie et évaluation

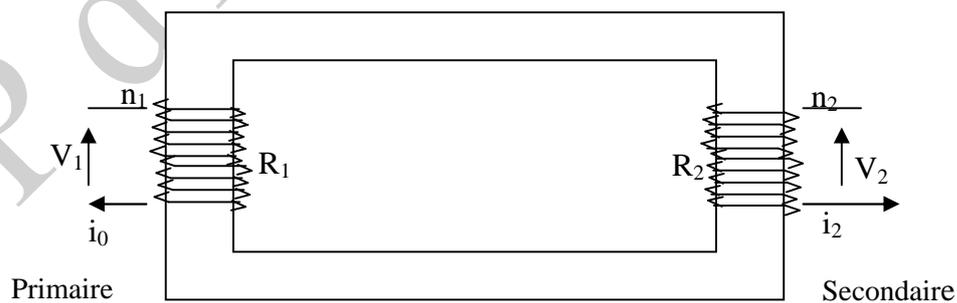
Ici, on présente les constituants et le principe de fonctionnement d'un transformateur électrique; on rappellera également le rendement d'un transformateur, ainsi que ses principales caractéristiques.

3.1. Constitution et principe de fonctionnement

- **Constitution**

Le transformateur est constitué essentiellement :

- d'un circuit magnétique fermé fait de tôles minces en acier spécial au silicium (faibles pertes magnétiques).
- de deux bobinages indépendants enroulés sur le circuit magnétisant. L'un est dit « primaire », l'autre « secondaire », traversés par le même flux (aux pertes magnétiques près).



Circuit magnétique

• Principe de fonctionnement

On considère un circuit magnétique dont le bobinage primaire comporte n_1 spires et le secondaire n_2 spires. On affecte l'indice 1 aux grandeurs primaires et l'indice 2 aux grandeurs secondaires.

a) Etude à vide

On dit qu'un transformateur fonctionne à vide lorsque l'enroulement secondaire est ouvert ($i_2=0$). On applique aux bornes du primaire une tension sinusoïdale $v_1 = V_1 \sin \omega t$. Si l'on suppose que les résistances des enroulements sont nulles ($R_1=R_2=0$) et les fuites magnétiques également nulles, on a les relations simples :

$$V_1 = n_1 d\phi/dt \text{ et } V_2 = n_2 d\phi/dt \text{ d'où } V_2/V_1 = n_2/n_1 = n$$

n est appelé rapport de spires des enroulements : c'est le rapport de transformation du transformateur. On voit que si l'on choisit :

$n_2 > n_1$: $n > 1$: le transformateur est un élévateur de tension.

$n_2 < n_1$: $n < 1$: le transformateur est un abaisseur de tension.

Le courant primaire, appelé courant à vide i_0 a pour expression $i_0 = (V_{1m} R / n_1^2 \omega) \sin(\omega t - \pi/2)$ où R est appelée reluctance du circuit magnétique; i_0 est en général très faible.

b) Etude en charge

Le secondaire, dans ce cas, est fermé sur une charge (résistance R par exemple). L'application de la loi d'Ohm aux deux circuits donne (R_1 et R_2 pris non nuls) :

$$v_1 = R_1 i_1 + n_1 d\phi/dt$$

$$v_2 = R_2 i_2 + n_2 d\phi/dt$$

La rapport de transformation n'est plus rigoureusement n_2/n_1 , mais on peut écrire avec une certaine approximation : $V_2/V_1 = n_2/n_1 = n$ (loi des tensions).

Par ailleurs, i_1 et i_2 étant les intensités dans le primaire et le secondaire, le flux d'induction à travers une section du circuit magnétique est donné par :

$$\phi = n_1 i_0 / R = (n_1 i_0 + n_2 i_2) / R \quad (i_0 : \text{à vide}) ; \quad i_1 = i_0 - (n_2/n_1) i_2.$$

En général, le courant i_0 est faible. On a alors la relation approchée :

$$i_2/i_1 = n_1/n_2 = 1/n \quad (\text{loi des intensités})$$

c) Rendement d'un transformateur

On relève la puissance P_1 dissipée au primaire (à l'aide d'un wattmètre). La puissance dissipée au secondaire (refermé sur une résistance) est relevée à l'aide d'un ampèremètre et d'un voltmètre :

$$P_2 = V_2 I_2. \text{ Le rendement est donc égal à : } \rho = P_2/P_1.$$

Si on fait varier la charge R , en relevant la courbe $\rho=f(R)$, on constate que le rendement est maximal pour une valeur déterminée de la charge (R_0).

Dans le cas d'un bon transformateur, ce rendement est voisin de 0,9.

Dans ces méthodes de mesure de résistances, on compare la grandeur à mesurer (résistance inconnue) à une grandeur de même nature parfaitement connue (étalon).

Il existe deux types de méthodes de comparaison, selon la nature de grandeur auxiliaire qui permet la mesure (courant ou tension).

3.2. Principales utilisations

3.2.1. Transport d'énergie en courant alternatif

On matérialise la ligne de transport d'énergie électrique par une résistance R importante. Le récepteur est une lampe à incandescence de résistance $r \ll R$.

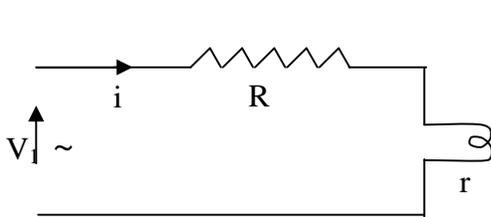


Figure 1

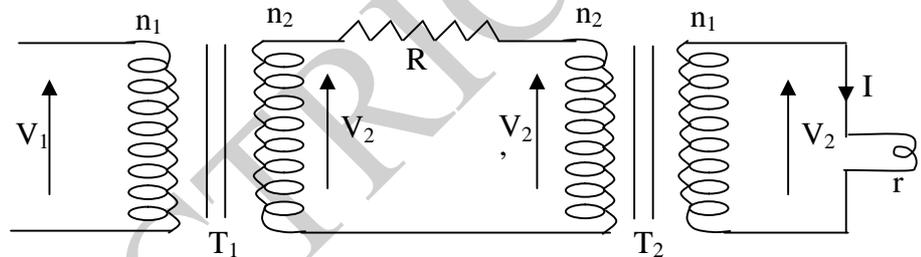


Figure 2

1^{er} cas (figure1) : La lampe est reliée à la source par l'intermédiaire de la résistance ; elle ne brille pas car la chute ohmique à travers R est trop importante.

- puissance consommée par la lampe: $P = r i^2$
- puissance perdue dans la ligne: $P' = R i^2 > P$.

2^{ème} cas (figure2) : Pour diminuer la puissance perdue par effet joule dans la ligne (ici R), on isole R au moyen de 2 transformateurs. Le transformateur T_1 élève la tension de V_1 à V_2 . Le transformateur T_2 abaisse la tension de V_2' à V_1 (i étant très faible, V_2' est très voisin de V_2 et on retrouve au secondaire de T_2 une tension sensiblement égale à V_1). On utilise donc T_2 équivalent à T_1 inversé. La puissance P' consommée dans la ligne s'écrit :

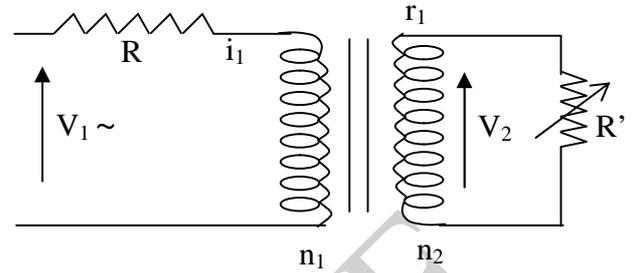
$$P' = R i^2 \quad \text{or} \quad i/I \cong n_2/n_1, \quad \text{on a alors } i^2 = I^2/(n_2/n_1)^2, \quad \text{d'où: } P' = I^2/(n_2/n_1)^2.$$

Comme $n_2 > n_1$, la puissance dans la ligne est divisée dans une large proportion par le carré du rapport de transformation. La puissance P parvenant au récepteur (lampe) s'écrit : $P = V_1 I \cos \phi = V_1 I$. (ϕ est nul car la charge est résistive) : c'est ce qui explique que la lampe brille dans ce cas.

3.2.2. Adaptation d'impédance

On fait varier R' et on trace $P=f(R')$. On constate que P est maximale pour : $R' = R/(n_1/n_2)^2 = n_2 R$.

On dit alors qu'on a réalisé l'adaptation d'impédance si R' est une impédance fixe (résistance ou haut-parleur par exemple), il suffit de choisir un transformateur de rapport n tel que : $R' = n_2 R$ et on transmet ainsi la totalité de la puissance disponible au primaire.



3.2.3. Chauffage par induction

Le primaire est une bobine de n_1 spires, le secondaire une seule spire (rigole circulaire dans laquelle on place le métal à fondre) (figure3).

La quantité de chaleur dégagée par effet de joule au secondaire permet d'amener le métal en fusion (principe des fours à induction).

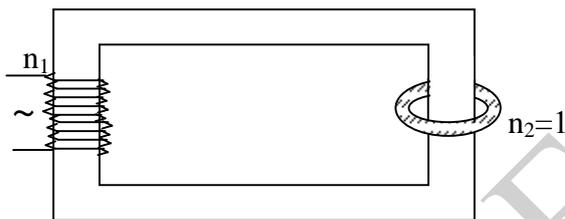


Figure 3

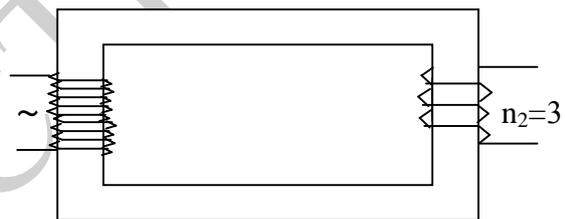


Figure 4

3.2.4. Soudure par points

Le secondaire à 3 spires (figure 4). Une pince dans le circuit permet de serrer entre 2 points les tôles à souder. La chaleur dégagée aux points de contact permet la soudure par fusion du métal.

4. Manipulation

Attention !! Ne pas dépasser 3 volts aux bornes de la bobine de 400 spires et 13 volts aux bornes de la bobine de 1600 spires

4.1. Essai à vide

- Réaliser le montage de la figure 5.
- Faire varier V_1 progressivement de 0 à 13 volts (avec un pas de 2 volts)
- Relever à chaque fois V_2 et compléter le tableau de mesure (voir feuille de réponse).

- Comparer m à la valeur de n du rapport de transformation et conclure.

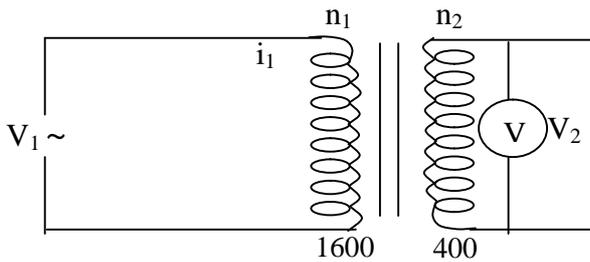


Figure5

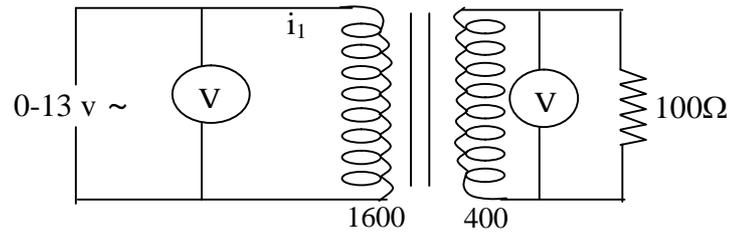


Figure6

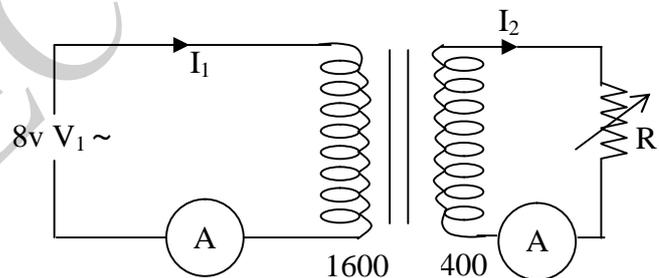
4.2. Essai en charge

4.2.1. Loi des tensions

- Réaliser le montage de la figure 6.
- Faire varier V_1 de 0 à 13 par 2V; relever à chaque fois V_2 et compléter le tableau de mesures (voir feuille de réponse).
- Comparer les valeurs expérimentales du rapport de transformation aux valeurs expérimentales précédentes (essai à vide) et au rapport théorique. Conclure.

4.2.2. Loi des intensités

- Réaliser le montage ci-contre.
- Fixer V_1 à 8V. Donner à R les valeurs 0-5-10-30-50-70 et 100 Ω . Relever à chaque fois I_1 , I_2 et compléter le tableau de mesures (voir feuille de réponse).
- Comparer I_2/I_1 à l'inverse du rapport de transformation. Conclure.

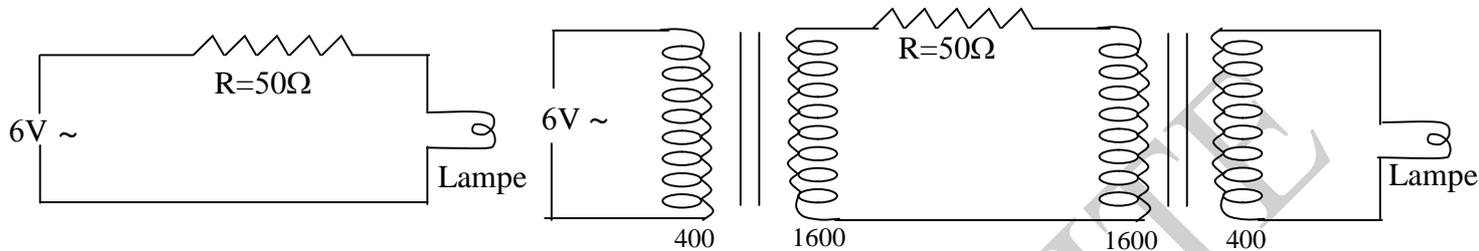


4.3. Transport d'énergie et courant alternatif

- Réaliser l'un après l'autre les deux montages ci-dessous :

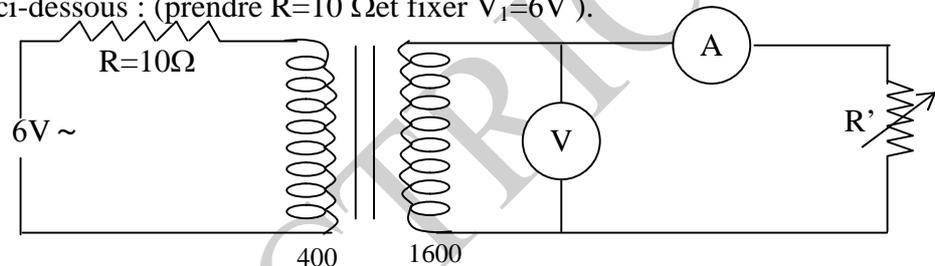
(prendre $V_1=6V\sim$ et $R=50\Omega$).

- Observer et conclure.



4.4. Adaptation d'impédance

- Réaliser le montage ci-dessous : (prendre $R=10\Omega$ et fixer $V_1=6V$).



- Donner à R' les valeurs suivantes : 10, 20, 50, 100, 140, 160, 180, 200, 400, 600, 800, 1k, 2k, 4k Ω .
- relever à chaque fois V_2 et I_2 et compléter le tableau de mesure (voir feuille de réponse).
- Tracer la courbe $P = V_2 I_2 = f(R')$ en fonction de R' .
- Dédire la valeur d'adaptation et vérifier la relation $R'(P_{\max}) = n^2 R$.
- Conclusion.

Matériel nécessaire

- une bobine 400 spires; une bobine 1600 spires
- un circuit magnétique ; un joug de serrage
- deux multimètres ou deux voltmètres + deux ampèremètres
- une résistance à décades : x1, x10, x100, x1000
- fils de connexion.



TP n°3 : Mesure d'une résistance par les méthodes Amont et Aval

1. Termes associés

Résistance ohmique, voltmètre, ampèremètre, différence de potentiel, tension, courant électrique, méthode courte dérivation, méthode longue dérivation, erreur systématique, erreur relative, calibre d'un appareil de mesure électrique, classe de l'appareil, résistance interne d'un appareil.

2. Principe et objectif

On fait passer un courant dans une résistance R qu'on se propose de mesurer. On mesure la tension aux bornes de celle-ci à l'aide d'un voltmètre et le courant qui la traverse à l'aide d'un ampèremètre. Pour ce faire, deux montages sont possibles: AVAL et AMONT.

3. Théorie et évaluation

Ici, on présente les deux méthodes de mesures de résistances, avec notamment leurs différences (erreurs systématiques et erreurs relatives); ces données théoriques permettent le choix de la méthode à utiliser lors de la mesure d'une résistance en fonction de son ordre de grandeur.

3.1. Montage courte dérivation ou aval

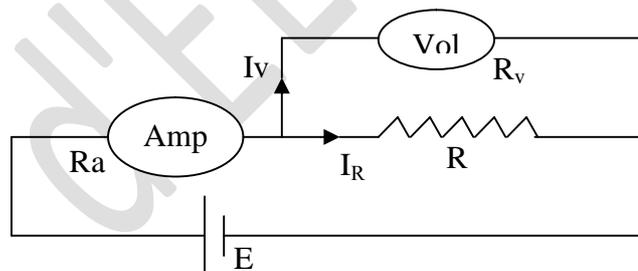


Figure 1: Montage courte dérivation (aval)

R: résistance inconnue à mesurer

Ra: résistance interne de l'ampèremètre

Rv: résistance interne du voltmètre

La valeur V_{lue} , indiquée par le voltmètre, est la valeur exacte de la tension aux bornes de la résistance R , mais la valeur I_{lue} sur l'ampèremètre mesure la somme des courants ($I_{lue}=I_R+I_V$), où I_R est celui qui traverse cette résistance et I_V , celui qui traverse le voltmètre.

La valeur de R mesurée est $R_{mes} = V_{lue} / I_{lue}$, alors que la valeur réelle de cette résistance est

$$R = V_{lue} / I_R$$

$$R_{mes} = V_{lue} / I_{lue} = V_{lue} / (I_R + I_V).$$

La valeur mesurée est différente de la valeur réelle de cette résistance; nous apporterons donc une correction C à R_{mes} , correction due à la méthode de mesure (erreur systématique).

$$R = R_{mes} + C$$

Calcul de C:

On a: $R = R_{mes} + C$, soit $C = R - R_{mes}$

$$R = \frac{V_{lue}}{I_R} = \frac{V_{lue}}{(I_{lue} - I_V)} = \frac{1}{\frac{(I - I_V)}{V_{lue}}} = \frac{R_{mes} \cdot R_V}{(R_{mes} - R_V)} \quad \text{car} \quad \frac{I}{V_{lue}} = \frac{1}{R_V} \quad \text{et} \quad \frac{I_V}{V_{lue}} = \frac{1}{R_{mes}}$$

d'où: $C = R - R_{mes} = -R_{mes}^2 / (R_{mes} - R_V)$, soit $C = -R_{mes}^2 / (R_{mes} - R_V)$

L'erreur relative est C/R_{mes}

3.2. Montage longue dérivation ou amont :

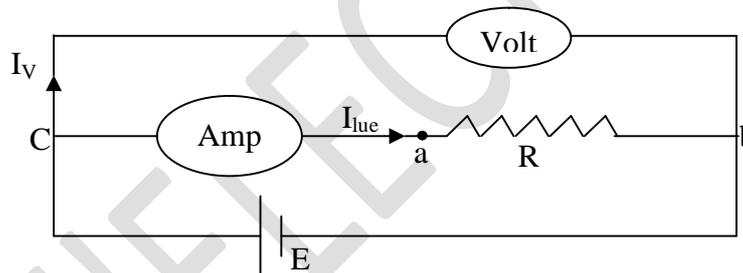


Figure 2: Montage longue dérivation (Amont)

R: résistance inconnue à mesurer

R_a: résistance interne de l'ampèremètre

R_v: résistance interne du voltmètre

La valeur I_{lue} indiquée sur l'ampèremètre est la valeur exacte du courant qui traverse la résistance R, mais la valeur V_{lue} sur le voltmètre indique la tension aux bornes de cette résistance et de l'ampèremètre: ($V_{lue} = V_R + V_a$).

La valeur mesurée de la résistance R est donc: $R_{mes} = V_{lue} / I_{lue}$

alors que sa valeur réelle est: $R = V_R / I_{lue}$

Donc, on peut écrire: $R_{mes} = V_{lue} / I_{lue} = (V_R + V_a) / I_{lue}$

$$\text{soit: } R_{mes} = \frac{V_R}{I_{lue}} + \frac{V_a}{I_{lue}} = R + R_a.$$

La valeur mesurée est différente de la valeur réelle de cette résistance, nous apporterons donc une correction C à R_{mes} due à la méthode de mesure (erreur systématique).

$$R = R_{mes} + C.$$

Calcul de C

$$R = R_{mes} + C, \text{ soit } C = R - R_{mes}$$

$$R_{mes} = V_{lue} / I_{lue} = (V_R + V_a) / I_{lue} = R + R_a$$

$$C = R - (R + R_a) = -R_a \quad \text{d'où } C = -R_a.$$

L'erreur relative est C/R_{mes} .

3.3. Conclusion

Le montage qui convient le mieux pour la mesure d'une résistance est celui pour lequel l'erreur relative est la plus faible.

4. Manipulation

Avant de commencer les manipulations, l'étudiant doit vérifier la présence sur la table du matériel suivant:

- Un ampèremètre
- Un voltmètre
- Une boîte de connexions
- Deux résistances inconnues R_{x1} et R_{x2}
- Une résistance $R = 1 \text{ K}\Omega$

4.1. Montage Aval ou Courte Dérivation:

On utilise pour les deux montages la source de tension continue et variable (0..12V). A l'aide du voltmètre, fixer la tension à 10V.

- Réaliser le montage 1 avec R_{x1} .
- Placer les indicateurs des calibres des appareils sur les valeurs maximales.
- Faites vérifier le montage par l'enseignant.
- Allumer. Choisir les calibres des appareils pour avoir une meilleure précision sans dépasser les valeurs max.
- Noter les valeurs de V_{lue} et I_{lue} , ainsi que les calibres correspondants.

- Couper le courant et remplacer R_{x1} par R_{x2} . Refaire la lecture de V_{lue} et I_{lue} .
- Couper le courant et remplacer R_{x2} par R_C ; refaire la lecture de V_{lue} et I_{lue} .
- Présenter les résultats sous forme d'un tableau (Tableau 1).

4.2. Montage Amont ou Longue Dérivation:

- Réaliser le montage 2.
- Refaire les mêmes opérations faites pour le montage aval.
- Dresser alors le tableau de mesures (Tableau 2).

4.3. Conclusion:

- Quel montage préférez-vous utiliser pour chacune des résistances?
- Que constatez-vous pour la résistance R_C .

4.4. Etude d'une caractéristique:

La caractéristique d'un élément est la courbe de la tension aux bornes de cet élément en fonction de l'intensité de courant qui la traverse.

Choisissez le montage qui convient le mieux pour tracer la caractéristique de la résistance R_C .

Faites varier la tension de 0 à 6v.

Déterminer la valeur de R_C à partir du graphe $V = f(I)$.

Données:

RÉSISTANCES INTERNES DES APPAREILS DE MESURE

Les valeurs des résistances internes R_a de l'ampèremètre sont données par le tableau suivant:

Calibre (mA)	0.12	0.6	1	3	6	10	30	60	100	300	600	1000	2000
R_a (Ohm)	2000	330	300	100	33	30	10	3.3	3	1	0.42	0.3	0.1

Les valeurs des résistances internes R_V sont indiquées par le constructeur sur l'appareil.

L'incertitude absolue associée à un appareil de mesure

Pour le voltmètre: $\Delta V = \text{Classe} \times \text{calibre} / 100$.

Pour l'ampèremètre: $\Delta I = \text{classe} \times \text{calibre} / 100$.



TP n° 4 : Etude de l'oscilloscope

1. Termes associés

Appareil de mesure, circuit d'impulsion, tube cathodique, canon à électron, cathode, anode, Wehnelt, système de déflexion, base de temps, signal périodique, synchronisation, fréquence de balayage, observation d'un signal, mesure de déphasage.

2. Principe et objectif

Par l'étendue de ses possibilités (mesures d'amplitudes, de temps, ... etc.) et la commodité de son emploi, l'oscilloscope occupe une place importante parmi les appareils de mesure. Grâce aux progrès réalisés dans le domaine des amplificateurs et des circuits d'impulsion, l'oscilloscope permet d'observer des signaux très complexes et très rapides.

3. Fonctionnement d'un oscilloscope

Cet appareil est destiné à rendre visible et mesurable un phénomène électrique ou transformé en grandeur électrique. Ce faisceau est émis par une source (canon à électrons) et dirigé par un système de déflexion électrostatique (plaques de déviation) vers le fond du tube (écran) qu'il rend lumineux en un point d'impact (spot).

3.1. Tube cathodique

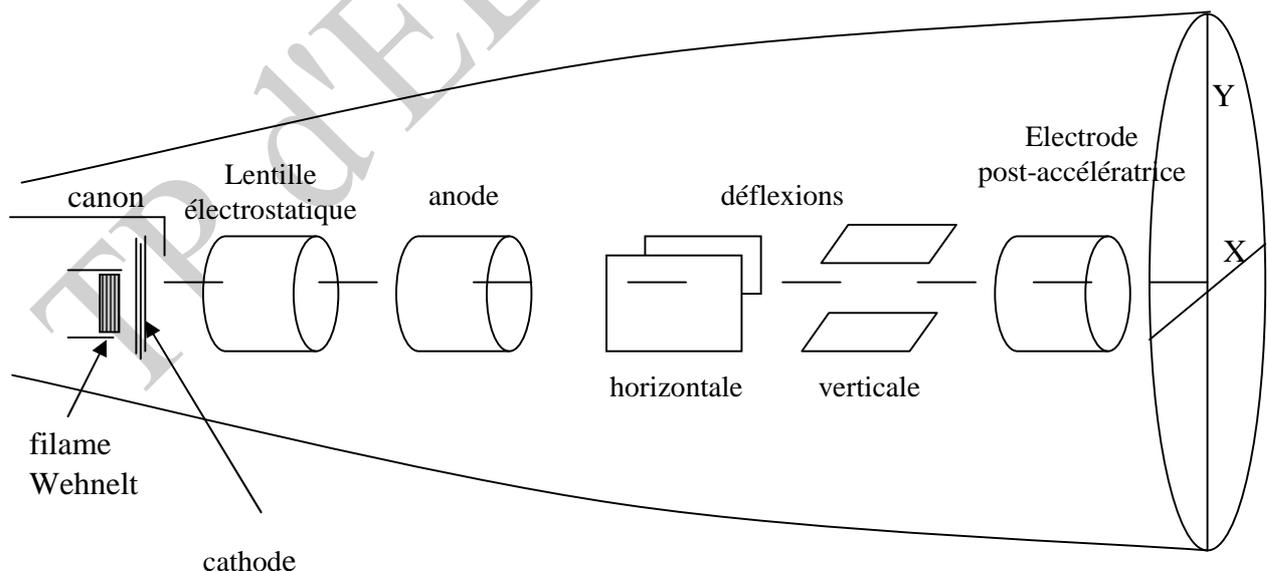


Figure 1: Schéma du tube cathodique d'un oscilloscope

En général, dans un tube électronique, la cathode (source d'électrons) est à la masse; les autres électrodes (sauf la grille de commande) sont à des potentiels positifs. Dans un oscilloscope, afin de ne pas mettre de hautes tensions du côté de l'écran (celui de l'opérateur), la cathode est très négative; les autres électrodes (sauf wehnelt) le sont moins; la plus proche de l'écran est à la masse.

Nous indiquons ici le rôle des différentes électrodes composant le système d'émission des électrons (canon).

- **Cathode** : Les électrons sont éjectés de la cathode par effet thermique grâce à un filament chauffé. La cathode est portée à un potentiel très négatif.
- **Wehnelt** : C'est l'électrode portée à un potentiel légèrement négatif par rapport à la cathode. Toute modification de son potentiel agit sur le débit des électrons et, donc, sur la luminosité du spot (voir bouton '**intensity**').

- **Lentille électrostatique**

Pour une valeur convenable de son potentiel, les trajectoires des électrons se recoupent toutes sur l'écran et forment un spot fin (bouton '**focus**').

- **Anode** : (ou électrode accélératrice) en forme de cylindre comme la précédente, beaucoup moins négative que la cathode, elle attire les électrons vers l'écran en créant le champ électrique accélérateur E . A la sortie de l'anode, les électrons ont une vitesse v , telle que:

$$(1/2) mv^2 = eV$$

m : masse de l'électron; e : charge de l'électron

V : tension ou d.d.p entre anode et cathode.

Après le système de déflexion, on trouve une autre électrode qui a pour but de procurer une accélération supplémentaire des électrons et qui permet donc une meilleure fidélité en haute fréquence (le temps de passage des électrons entre les plaques de déviation devant être une fraction très petite de la période), cette électrode a donc un potentiel très positif par rapport à la cathode. Elle améliore également la finesse du spot.

- **Système de déflexion**

Le faisceau d'électrons monocinétique (même vitesse) émis par le canon est soumis à l'action de 2 champs électriques créés par 2 paires de plaques (condensateurs). C'est le système de déflexion qui modifie la trajectoire des électrons.

- les plaques verticales XX' déterminent la déviation horizontale (axe des X)
- les plaques horizontales YY' déterminent la déviation verticale (axe des Y).

Si on applique une tension continue V_1 entre les plaques X et X' , le champ électrique créé est proportionnel à V_1 et il dévie le faisceau d'un angle lui aussi proportionnel à V_1 ; le spot

initialement en O, centre de l'écran, vient en O_1 tel que $OO_1 = X = K_1 V_1$. De même, avec une tension continue V_2 appliquée entre Y et Y', le spot vient en OO_2 tel que $OO_2 = Y = K_2 V_2$.

Si nous appliquons simultanément V_1 entre XX' et V_2 entre YY', le faisceau est soumis à la résultante des 2 champs et il vient frapper l'écran au point A de coordonnées: $X = K_1 V_1$, $Y = K_2 V_2$, si les tensions sont constantes, le spot reste en A; mais si elles varient au cours du temps, il décrit alors la courbe paramétrique $X(t) = K_1 V_1(t)$, $Y(t) = K_2 V_2(t)$.

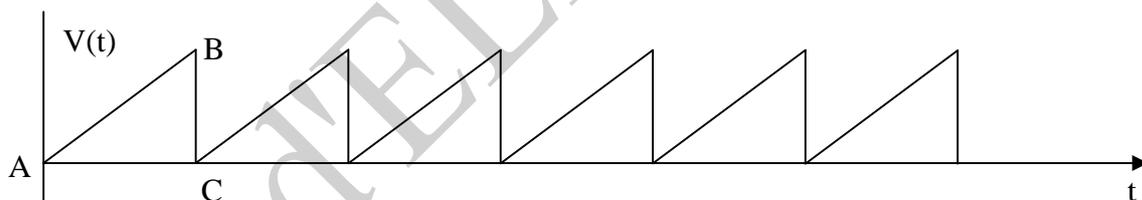
En raison de la persistance des impressions rétinienne et de la rémanence de l'écran (propriété de rester lumineux un court instant après le passage du spot), et sous réserve que le déplacement du spot soit assez rapide, la courbe apparaît continue bien que le spot se déplace sur cette courbe.

3.2. Base de temps

Une tension appliquée aux plaques de déviation verticale YY' n'entraîne qu'un déplacement vertical du spot. Afin d'observer sur l'écran les variations de cette tension en fonction du temps, il faut assurer le déplacement horizontal du spot en appliquant, aux plaques de déviation horizontale XX', une tension variant linéairement avec le temps.

A cet effet, il a été réalisé à l'intérieur de l'oscilloscope un montage électronique générateur d'une tension $v(t)$, tension en dents de scie (voir figure).

Ce montage constitue la "base de temps".



De A à B, la différence de potentiel entre les plaques croît; il en est de même pour le champ électrique, et donc le faisceau d'électrons est de plus en plus dévié vers la droite de l'écran. De B à C, la tension chute très rapidement et le spot revient donc à sa position initiale à gauche (pendant le retour du spot, on bloque l'émission des électrons en envoyant une impulsion de tension très négative sur le Wehnelt). C'est la composition de ce mouvement linéaire horizontal et du mouvement vertical qui produit la courbe visualisant l'évolution dans le temps du phénomène étudié; suivant la vitesse de celui-ci, on peut modifier la vitesse de balayage.

Observation d'un signal périodique-synchronisation

On applique une tension périodique sur une des voies CH₁ ou CH₂ et on veut observer cette tension. La base de temps est soit "relaxée", soit "déclenchée" (bouton level); en fonctionnement "relaxé" (auto), le balayage de l'écran s'effectue suivant une fréquence déterminée. On observe alors une courbe qui se déplace sur l'écran et qui n'est donc pas "stable"; afin de stabiliser cette courbe, il faut avoir le même signal sur les plaques YY' au début de chaque balayage. Ainsi, à chaque balayage, la nouvelle courbe vient se superposer avec la précédente. On dit alors que l'on synchronise l'oscilloscope. La base de temps doit fonctionner alors en "déclenché".

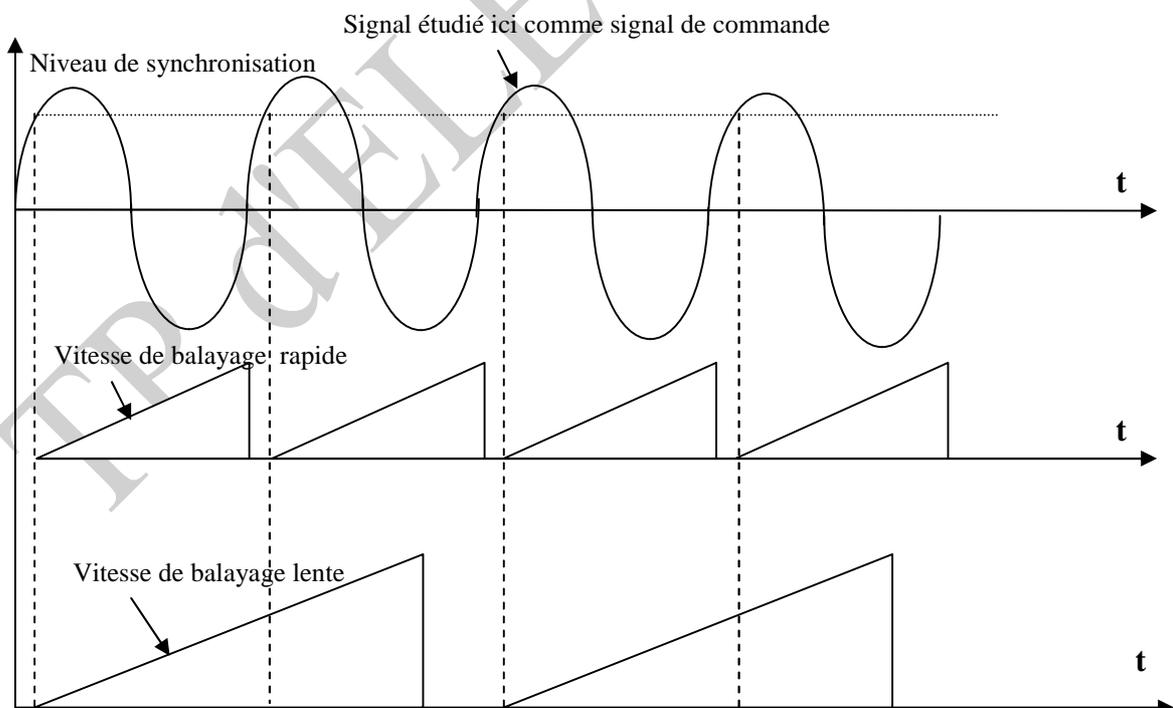
La fréquence de balayage de l'écran est alors commandée.

Cette commande peut être réalisée par:

- soit un signal extérieur (douille 'EXT TRIGG')
- soit le signal appliqué à l'entrée CH₁ ou à l'entrée CH₂.

On peut régler le "niveau" de déclenchement par le bouton 'LEVEL'. Le début d'un balayage s'effectue au moment où le niveau choisi est atteint par le signal de commande. Le début du balayage se fait par un signal qui diminue (bouton 'NOR +'); en manipulation E, la base de temps sera toujours utilisée en "déclenché".

Exemple: Synchronisation pour 2 vitesses de balayage différentes

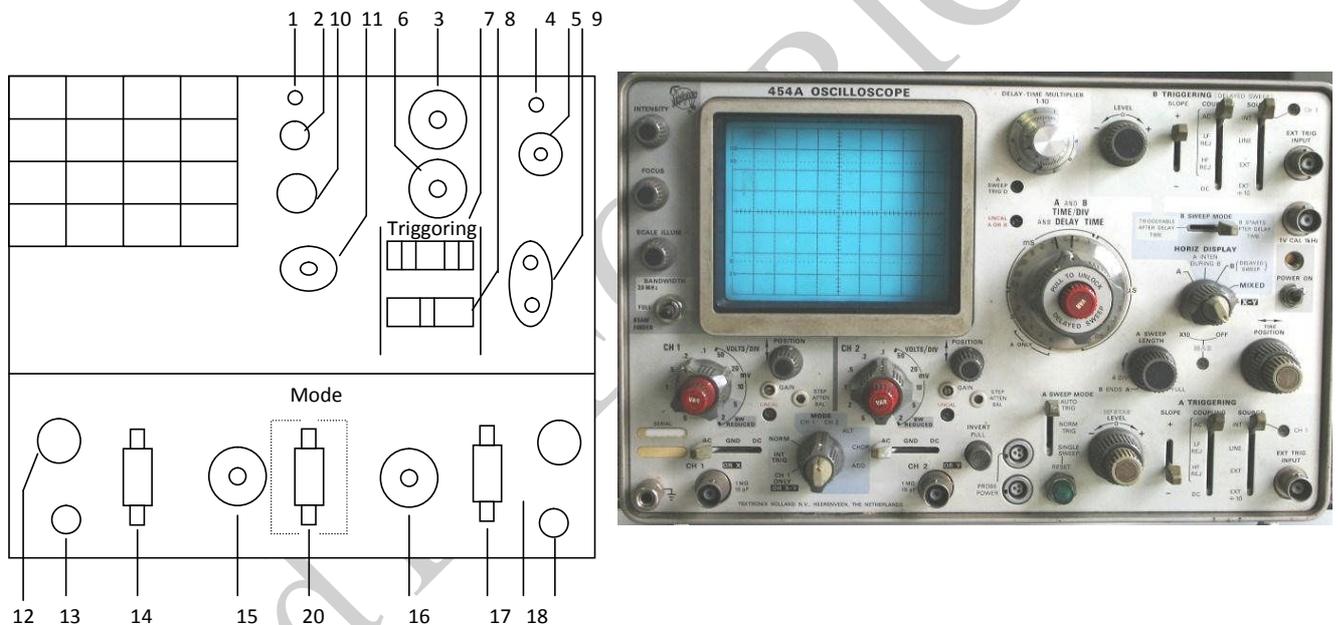


4. Schéma de l'oscilloscope

Les tensions à mesurer peuvent être très petites. La sensibilité d'un tube pour oscilloscope ne dépassant pas en général 20V/cm, il a été nécessaire d'intercaler, entre la borne d'entrée et les plaques défectrices, un amplificateur de tension. Si on applique à l'entrée de l'amplificateur une tension V , on obtient à la sortie, donc aux bornes des plaques, une tension supérieure $V' = AV$ où A est le gain de l'amplificateur.

Pour comparer 2 signaux sans les composer, l'oscilloscope est pourvu de 2 amplificateurs, verticaux attaquant tour à tour par commutation électronique les 2 plaques de déviation verticale.

Pour composer 2 signaux suivant les axes OX et OY, l'oscilloscope possède un amplificateur horizontal qui permet d'appliquer un signal d'amplitude convenable sur les plaques de déviation horizontale. Dans ce cas, la base de temps est mise hors circuit.



Répartition des boutons de commande des différents organes

En haut, à droite: réglage de la base de temps et de son déclenchement.

Partie inférieure gauche: réglage de la voie CH_1

Partie inférieure droite: réglage de la voie CH_2

Partie inférieure médiane: choix du mode d'observation des signaux.

1: voyant allumé quand 2 n'est plus sur OFF

2: Interrupteur de mise en marche

3: Sélecteur du temps de balayage de la base de temps. Ce sélecteur permet de faire varier la vitesse horizontale du spot sur l'écran.

Gamme 0,5 s/div à 0,5 μ s/div.

Sélecteur en position X-Y : La base de temps est mise hors circuit et les plaques de déviation horizontale sont alors attaquées par le signal appliqué sur la voie CH₂. On peut alors observer les variations du signal de la voie CH₁ en fonction du signal de la voie CH₂.

4: Borne de sortie de la tension d'étalonnage (signaux carrés CAL 1 V).
Cette tension sert à contrôler les calibrations des différents amplificateurs.

5: Réglage du positionnement horizontal de la trace.

Bouton enfoncé: vitesse de balayage correspond aux valeurs affichées par le bouton (3).

Bouton tiré: amplitude du balayage horizontal X 5; donc la vitesse de balayage indiquée par (3) doit être multipliée par 5. (PULL X 5 MAG).

6: Commande d'ajustage du niveau de déclenchement du balayage (LEVEL).

Bouton enfoncé: base de temps "déclenchée"

Bouton tiré: base de temps "relaxée" (PULL AUTO)

7: Sélection de mode de déclenchement de la base de temps. Seule l'utilisation sur la position NOR est faite en manipulation. Sélection du déclenchement sur le front à pente positive du signal (NOR+) ou sur le front à pente négative (NOR-).

8: Sélecteur de la source de déclenchement

CH₁: commande le déclenchement du balayage par le signal appliqué sur CH₁

CH₂: même chose mais avec le signal de la voie CH₂.

9: Douilles d'entrée du signal de déclenchement extérieur (EXT TRIGG).

10: Réglage de l'intensité des faisceaux (INTENSITY)

11: Commande de la focalisation des faisceaux (FOCUS)

12: Commande de cadrage vertical du spot du faisceau CH₁

13: Borne d'entrée de la voie CH₁ (ou entrée verticale Y quand (3) est sur XY)

14: Sélection de l'entrée de l'amplificateur vertical de la voie CH₁ : sur la position GND, le signal appliqué en (13) n'est pas envoyé à l'amplificateur. On peut ainsi régler la position verticale de la trace; sur la position AC, seules les composantes variables du signal appliqué sont envoyées sur

l'amplificateur. Sur la position DC, toutes les composantes du signal sont envoyées sur l'amplificateur.

15: Commutateur atténuateur par bond de l'amplificateur vertical de CH₁.

16: Même chose que (15), pour la voie CH₂.

17: Même chose que (14) pour la voie CH₂.

18: Borne d'entrée de la voie CH₂ (ou entrée horizontale X quand (3) est sur XY).

19: Commande de cadrage vertical du spot du faisceau CH₂.

Commande de cadrage horizontal quand (3) est sur XY .

20 : Sélecteur de mode d'utilisation des voies

CH₁ : voie CH₁ seule en fonction du temps

CH₂ : voie CH₂ seule en fonction du temps

DUAL : voie CH₁ et voie CH₂ en fonction du temps

ADD : voie CH₁ + voie CH₂ en fonction du temps

SUB : voie CH₁ – voie CH₂ en fonction du temps

5. Mesure de déphasage entre deux tensions de même fréquence

Soient deux tensions sinusoïdales : $v_1 = V_1 \sin(\omega t + \varphi)$

$$v_2 = V_2 \sin(\omega t)$$

On mesurera le déphasage φ par deux méthodes différentes:

a) on évalue le déphasage φ en mesurant le décalage horizontal des 2 traces représentant les tensions v_1 et v_2 .

Envoyer la tension v_1 sur CH₁ et v_2 sur CH₂; Mettre le sélecteur (20) sur DUAL. On peut alors mesurer le déphasage entre v_1 et v_2 .

b) on détermine le déphasage par la méthode des courbes de LISSAJOUS
On met hors circuit la base de temps en plaçant le bouton (3) sur X-Y.

On applique v_1 sur CH₁(Y) et v_2 sur CH₂(X). La courbe fermée obtenue sur l'écran est le résultat de la composition rectangulaire de deux fonctions sinusoïdales du temps v_1 et v_2 déphasées de φ . Cette courbe a en général la forme d'une ellipse (ellipse de LISSAJOUS). Elle admet pour équations paramétriques :

$$x = k_x v_2 = k_x V_2 \sin(\omega t) \quad \text{et} \quad y = k_y v_1 = k_y V_1 \sin(\omega t + \varphi)$$

où k_x et k_y dépendent de la géométrie des plaques et du réglage des amplificateurs vertical et horizontal; en posant $a = k_x V_2$ et $b = k_y V_1$, il vient :

$$x/a = \sin(\omega t) \quad \text{et} \quad y/b = \sin(\omega t + \varphi) = \sin \omega t \cos \varphi + \cos \omega t \sin \varphi$$

En éliminant le temps t entre ces deux équations, on a :

$x^2/a^2 + y^2/b^2 - 2(xy/ab) \cos \varphi = \sin^2 \varphi$, qui est bien l'équation d'une ellipse inscrite dans un rectangle ABCD de dimensions $AB=2a$ et $AD=2b$.

A l'instant $t=0$, le spot est en E tel que $OE = b \sin \varphi = OF \sin \varphi$

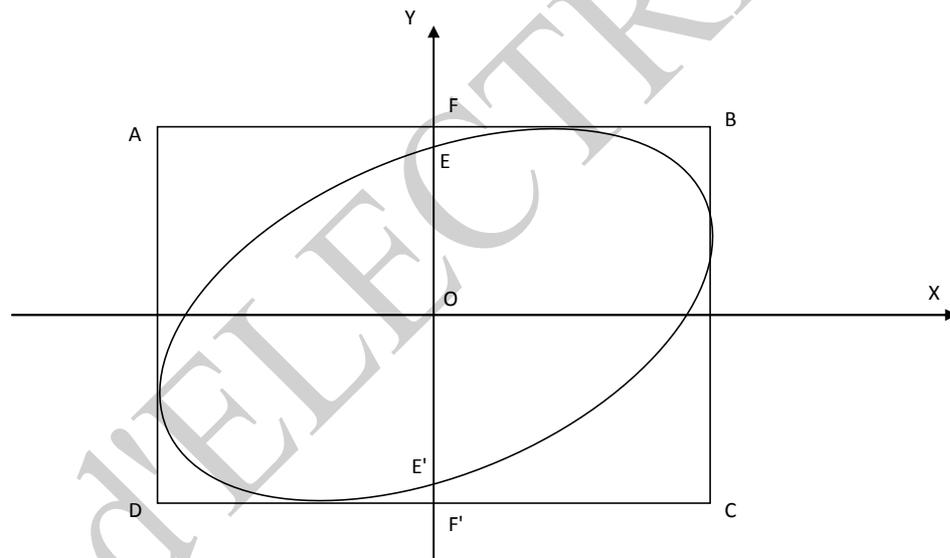
$\sin \varphi = OE/OF = EE'/FF'$. On peut mesurer EE' et FF' sur l'écran et ainsi calculer φ .

Cas particuliers :

Si $\varphi=0$ $x/a - y/b=0$ $y = (b/a) x$: équation d'une droite de pente b/a

Si $\varphi=\pi$ $x/a + y/b=0$ $y = -(b/a) x$: équation d'une droite de pente $(-b/a)$

Si $\varphi=\pm\pi/2$ $x^2+y^2=1$: équation d'une ellipse dont les axes sont les axes de coordonnées de l'écran.



6. Manipulation

Elle a pour but de se familiariser avec le fonctionnement d'un oscilloscope.

6.1. Mise en marche de l'appareil; réglage du spot

- Veiller à ce qu'aucune tension ne soit appliquée en CH_1 et CH_2
- S'assurer que les boutons de réglage du spot 10 et 11 sont en position médiane, ainsi que les boutons de cadrage vertical (12) et (19) et horizontal (5); laisser le bouton (5) enfoncé.

- Régler le bouton (6) en position AUTO.

Le spot doit apparaître et se déplacer sur l'écran ; si cela est nécessaire, corriger les réglages de (1) et (10) afin d'obtenir des spots fins de luminosité moyenne. Rectifier le cadrage.

Remarque : On observe sur l'écran une ligne horizontale (ou des spots se déplaçant) alors qu'aucune tension extérieure n'est appliquée sur CH₁ ou sur CH₂. C'est que l'oscilloscope fonctionne en balayage. Le système interne à l'oscilloscope applique, sur les plaques de déviation horizontale, une tension en dents de scie (bouton (6) sur AUTO: fonctionnement "relaxé" de la base de temps).

6.2. Observation d'un signal; réglage de la base de temps

6.2.1. Mesure d'une tension : la tension à mesurer sera reliée à la voie CH₁ par exemple. La base de temps fonctionnera en "déclenché". Le bouton (6) sera donc poussé; on placera le sélecteur (8) sur la source CH₁ et le sélecteur (7) sur des positions NOR+ ou NOR- suivant le front sur lequel on veut déclencher le bouton. On pourra vérifier son influence sur le niveau de déclenchement; on fera varier les différents réglages des amplificateurs et de la base de temps afin d'observer les modifications produites sur la trace. Le sélecteur (14) sera placé sur la position DC et le sélecteur (20) sur la position CH₁.

a) Tension continue

La tension continue fournie par le bloc d'alimentation étant médiocre, on fera cet essai avec une pile sèche (utiliser la voie CH₁).

b) Tension alternative

Injecter la tension du bloc d'alimentation délivrée entre les bornes 0-12 V sur la voie CH₁. Observer le phénomène; mesurer la période, en déduire la fréquence; mesurer l'amplitude de la tension. Expliquer la différence entre la valeur 12 V indiquée par le bloc et la valeur mesurée sur l'écran.

c) Tension carrée

Injecter la tension carrée délivrée par l'oscilloscope (bouton 4) sur la voie CH₁ de l'oscilloscope. Relever la courbe.

Déterminer l'amplitude crête à crête, ainsi que la fréquence

6.2.2. Mesure de déphasage

- a) Réaliser le montage suivant (schéma 1)

Réaliser le montage d'abord et brancher aux bornes de l'oscilloscope ensuite.

- Respecter les polarités
- Vous n'avez besoin que d'un seul fil de masse pour relier la masse du montage à la masse de l'oscilloscope (les deux masses de l'oscilloscope sont reliées entre elles).

Visualiser la tension V_{AC} (aux bornes de (R_1+R_2)) sur CH_1 et la tension V_{BC} (aux bornes de R_2) sur CH_2 .

- Représenter les traces observées.
- Qu'observez-vous en DUAL

Représentez les traces.

- se mettre en mode XY; Qu'observez-vous?
- Quel est le déphasage entre les 2 signaux?

b) Inverser les polarités (schéma 2)

- Qu'observez-vous en DUAL?
- Se mettre en mode XY; qu'observez-vous?

- Faire la figure.

c) Réaliser le montage (schéma 3)

- A quoi correspond la tension observée sur CH_1 ?
- Faire la figure.
- Même question pour CH_2
- Visualiser les 2 tensions en mode DUAL ;
- Faire la figure.
- Calculer directement le déphasage entre les 2 tensions.
- Se mettre en mode XY.
- Représenter la figure observée.
- En déduire le déphasage avec cette seconde méthode.

