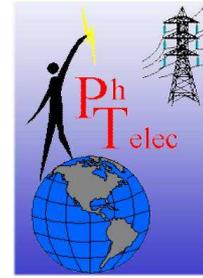




Programme du F.E.S.E.C.
D/2001/7362/3091

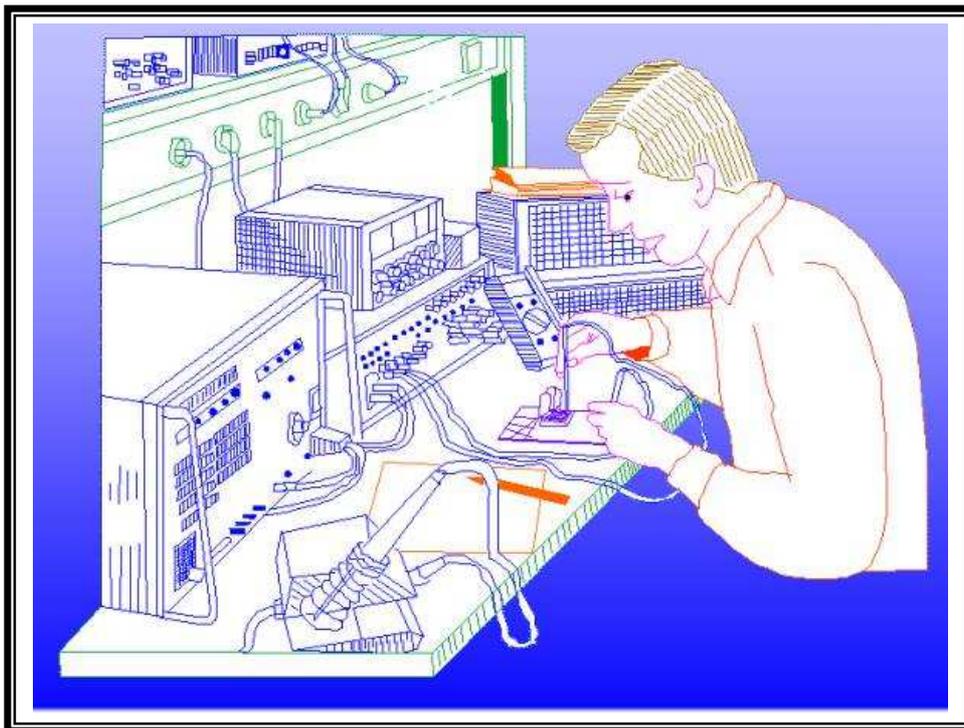


COUS DE LABORATOIRE

Professeur
Ingénieur
Ph. THYS

Note de laboratoire

Electricité



Classes concernées :

Secteur : Industrie

Section : Technique de qualification

Option : Electricien – Automaticien

Années : 5^{ème} et 6^{ème}

Référence du Syllabus.

Note – Laboratoire – V 02

75 pages

Version 02/2009



Table des matières.

1. Préambules.....	5
1.1. FINALITES.....	5
1.2. COMPETENCES.....	5
1.3. EVALUATIONS.....	5
1.4. POIDS DES EVALUATIONS.....	6
1.5. REMEDIATIONS.....	6
2. Les compétences visées.....	6
3. Nomenclature.....	7
4. Bibliographie.....	8
5. Les symboles.....	9
6. Les appareils de mesure.....	10
6.1. Classement des appareils de mesure.....	10
6.2. Etude des appareils analogiques.....	10
6.2.1. Leur présentation.....	10
6.2.2. Généralité.....	11
6.2.3. Le cadran.....	12
6.2.4. Le galvanomètre.....	13
6.2.4.1. Description.....	13
6.2.4.2. Principe de fonctionnement.....	14
6.2.4.3. Conclusion.....	15
6.2.5. Les caractéristiques.....	16
6.2.5.1. Le type de galvanomètre.....	16
6.2.5.2. Le mode de pose.....	16
6.2.5.3. Le degré d'isolation.....	17
6.2.5.4. La nature de la mesure et la classe de l'appareil.....	17
6.2.6. Les appareils conventionnels.....	17
6.2.6.1. L'ampèremètre analogique.....	18
6.2.6.2. Le voltmètre analogique.....	19
6.2.6.3. L'ohmmètre analogique.....	20
6.2.6.4. Le multimètre analogique.....	21
6.2.6.5. Le wattmètre analogique.....	22
6.2.7. La technique de mesure.....	23
6.2.7.1. Cas d'une échelle simple.....	23
6.2.7.2. Cas d'une échelle multiple.....	25
6.2.7.3. La SAF 1-0-1-1.....	28
6.2.7.3.1 Relever des valeurs maximums sur chaque échelle de lecture.....	28
6.2.7.3.2 Lecture d'une tension continue.....	29
6.2.7.3.3 Lecture d'une tension alternative.....	29
6.2.7.3.4 Lecture d'une résistance.....	29
6.2.7.3.5 Lecture d'un courant continu.....	30
6.2.7.3.6 Réglage de l'appareil pour une lecture précise.....	30



6.2.7.4. La SIF 2-0-1-1	31
6.2.7.4.1 Lecture des valeurs données par l'aiguille I.....	32
6.2.7.4.2 Lecture des valeurs données par l'aiguille II.	33
6.2.7.4.3 Lecture des valeurs données par l'aiguille III.	33
6.2.7.4.4 Réglage de l'appareil pour une lecture précise.	34
6.2.7.4.5 Déterminer au départ de la valeur souhaitée l'emplacement de l'aiguille sur l'échelle graduée.....	34
6.3. Les appareils numériques	36
6.3.1. constitution	36
6.3.2. Les différents types d'appareil de mesure numérique.....	37
6.3.2.1. L'ampèremètre numérique	37
6.3.2.2. Le voltmètre numérique	37
6.3.2.3. Le wattmètre numérique.....	37
6.3.2.4. Le multimètre numérique	38
7. Les techniques de mesure.....	41
7.1. Généralité	41
7.2. Le montage amont	41
7.3. Le montage aval	42
7.4. Conclusion.....	42
8. Les calculs d'erreur sur les mesures.....	43
8.1. Les types d'erreurs	43
8.2. Définitions	43
8.3. Notation des erreurs.....	44
8.3.1. Erreur absolue	44
8.3.2. Erreur relative.....	44
8.3.3. Exemples	44
8.4. Règles de calcul	45
8.4.1. La somme	45
8.4.1.1. Exemple :.....	45
8.4.2. La différence	46
8.4.2.1. Exemple :.....	46
8.4.3. Le produit	46
8.4.3.1. Exemple :.....	47
8.4.4. Le produit d'un carré.....	47
8.4.4.1. Exemple :.....	48
8.4.5. Le quotient.....	48
8.4.5.1. Exemple :.....	48
8.4.6. Un mixte produit-quotient.....	49
8.4.6.1. Exemple :.....	49
8.4.7. La racine carré.....	50
8.5. Applications aux appareils analogiques	50
8.5.1. En conclusion	51
8.6. Application aux appareils numériques	51
8.6.1. En conclusion	52
8.7. Tableaux des caractéristiques des appareils de mesure du collègue	52
8.8. SAF 9-2-2-1	57
8.8.1. Les appareils analogiques.....	57
8.8.2. Les appareils numériques.....	57



8.9. SIF 10-2-2-1	58
9. L'oscilloscope	59
9.1. Constitution.	59
9.2. Branchement et réglages.....	60
9.3. La lecture	63
9.3.1. Lecture de l'amplitude.....	63
9.3.2. Lecture de la période	64
9.3.3. SAF 4-0-1-2.....	65
9.3.3.1. Relever pour chaque calibre, l'amplitude des signaux représentés.....	65
9.3.3.2. Relever pour chaque calibre, l'amplitude du signal représenté.....	66
9.3.3.3. Relever pour chaque calibre, la période du signal représenté.....	67
9.3.4. SIF 5-0-1-2	68
9.3.4.1. Relever pour chaque calibre, l'amplitude des signaux représentés.....	68
9.3.4.2. Relever pour chaque calibre, l'amplitude du signal représenté.....	69
9.3.4.3. Relever pour chaque calibre, la période du signal représenté.....	70
9.4. Conclusion	71
10. Les alimentations de laboratoire	72
10.1. Les alimentations continues	72
10.1.1. Les alimentations continues à tensions fixes.....	72
10.1.2. Les alimentations stabilisées	72
10.2. Les alimentations alternatives	73
10.2.1. les alimentations alternatives sinusoïdales	73
10.2.2. les générateurs de signaux	74
11. Les manipulations de laboratoire	75
12. Matériel mis à disposition	75
12.1. Les tables de laboratoire	75
12.2. Le boîtier d'expérimentation	75



1. Préambules.

1.1. FINALITES

La finalité de la formation dispensée au sein du Collège Saint-Guibert de Gembloux est de préparer les étudiants sous deux axes.

- Le premier est de les former à l'aspect pratique du métier afin de leur permettre de trouver leur place dans le monde actif de demain.
- La seconde est de les former à l'aspect plus théorique du métier afin,
 - d'une part de leur donner le bagage suffisant pour entreprendre des études supérieures,
 - d'autre part pour leur donner le bagage indispensable pour qu'ils puissent s'adapter aux évolutions futures de la technique du métier.

Englobant ces deux aspects, nous visons également le développement de leurs capacités de raisonnement, de logique, d'auto apprentissage et d'adaptation aux situations évolutives. Le métier de technicien électricien couvre une technique de plus en plus large, en perpétuelle évolution et nécessitant des remises à niveau permanentes. Nous souhaitons former nos étudiants afin de leur donner tous les outils nécessaires à leur épanouissement dans leur futur métier.

1.2. COMPETENCES

Le programme officiel de la F.e.s.e.c. définit, pour le cours de laboratoire de la formation du technicien électricien-automaticien, pas moins de 26 compétences à maîtriser en fin de cycle. Nous ne les citerons pas ici, vous pouvez les consulter dans les cahiers de laboratoire associé au cours de laboratoire.

Etre compétent dans le domaine technique ne se résume, sûrement pas, à la simple connaissance d'une matière. L'étude par cœur est sans intérêt et il faut de loin privilégier la maîtrise de la matière. En d'autres termes, il faut être capable de maîtriser la matière afin de pouvoir l'exploiter, l'utiliser à bon escient dans des situations concrètes inhérentes au métier. Il est évident qu'un ensemble de compétences va s'associer pour permettre la résolution d'une situation particulière. Le cours de laboratoire vous mettra dans ces situations.

Si chaque matière spécifique (dessin, laboratoire, électricité et travaux pratiques) ont leurs compétences propres, il est toutefois inconcevable de saucissonner ces matières. Tous les cours s'entremêlent entres-eux. Vous devrez donc lors des séances de laboratoire faire des recherches dans d'autres cours pour préparer ou pour tirer les conclusions de vos rapports.

1.3. EVALUATIONS

Les évaluations auront lieu de manière hebdomadaire.

Les évaluations seront de deux types.

- Sous forme de S.A.C. (Situation d'Apprentissage Certificative), elles reprennent des évaluations ciblées sur la matière du ou des cours précédent(s).



- Sous forme de S.I.C. (Situation d'Intégration Certificative), elles reprennent des évaluations plus importantes sur un ensemble de matières du cours. Pour le cours d'électricité, ces situations se dérouleront durant les sessions d'examen (Toussaint, Noël, Printemps et juin). Pour les autres cours, elles se dérouleront tout au long de l'année en fonction de l'avancement des travaux.

Pour le cours de laboratoire, les étudiants réaliseront chaque semaine une expérimentation sur une matière vue en parallèle dans le cours d'électricité. A chaque laboratoire est associé un rapport que l'étudiant devra établir en respectant un document type. Le rapport sera toujours rendu le deuxième jour ouvrable après l'expérimentation. Les expérimentations se feront toujours seules. Les étudiants réaliseront les manipulations en respectant la planification définie par le professeur. La formation se fera par une succession de situations d'apprentissage suivie par une ou plusieurs situation(s) d'intégration.

1.4. POIDS DES EVALUATIONS

Toutes les situations d'apprentissage certificatives (SAC) seront cotées sur 100 points. L'ensemble de ces cotes comptera en final pour 30% dans les résultats trimestriels.

Toutes les situations d'intégration certificatives (SIC) réalisées durant un semestre seront cotées sur 100 points. L'ensemble de ces cotes comptera en final pour 70% dans les résultats trimestriels.

1.5. REMEDIATIONS

L'élève sera particulièrement attentif aux commentaires consignés sur ses copies afin d'améliorer ses performances. Il aura toujours la possibilité de venir demander un complément d'information à Mr THYS en dehors des heures de cours (récréation, heure de fourche, après 16h). Il est important que les étudiants puissent, rapidement, faire cette démarche de venir chercher l'information afin de leur permettre de développer par la suite leur capacité d'auto apprentissage. Les étudiants doivent bien avoir en tête qu'il n'y a aucunes questions idiotes, et qu'ils doivent, sans crainte, s'informer pour avoir la certitude que ce qu'ils pensent être la solution soit bien correcte.

Pour le cours de laboratoire, si la cote globale semestrielle est inférieure à 60%, il sera proposé à l'étudiant de repasser une évaluation en lien direct avec une des expérimentations qu'il n'aura pas menées à bien durant les cours. Le but est de permettre à l'étudiant d'apporter la preuve qu'il maîtrise finalement cette matière spécifique. Ces évaluations de remédiation auront lieu à Noël et en juin. L'évaluation se fera sous forme d'une expérimentation complète avec élaboration d'un rapport identique à celui proposé durant les séances de laboratoire hebdomadaires (y compris les conclusions). La nouvelle cote de cette évaluation, si elle est réussie, remplacera l'ancienne cote relative au même sujet d'expérimentation. Le but est de remonter la moyenne du cours.

2. Les compétences visées.

Voir cahier de laboratoire



3. Nomenclature.

Symbole	Description	unité	
U	Différence de potentiel ou tension	Volt	V
I	Intensité du courant électrique	Ampère	A
Q	Quantité d'électricité	Coulomb Ampère heure	C AH
t	Temps écoulé	Seconde Heure	s H
R	Résistance électrique d'un conducteur	Ohm	Ω
ρ	Résistivité de la matière d'un conducteur		$\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$
L	Longueur d'un conducteur	Mètre	m
S	Section d'un conducteur	Millimètre carré	mm^2
R_t	Résistance électrique à une température donnée	Ohm	Ω
R_o	Résistance électrique à la température de référence de 20°C	Ohm	Ω
α	Coefficient de température		$^{\circ}\text{C}^{-1}$
Δt	Variation de température ($t^{\circ}\text{ap}-t^{\circ}\text{av}$)	Degré	$^{\circ}\text{C}$
R_{ad}	Résistance additionnelle placée en série	Ohm	Ω
R_{shunt}	Résistance shunt placée en parallèle	Ohm	Ω
J	Densité de courant électrique		A/mm^2
W	Travail développé	joule	J
F	Force développée	Newton	N
l	Chemin ou distance parcourue	Mètre	m
P	Puissance développée	Watt	W
H	Champ magnétique		AT / m
N	Nombre de spire d'une bobine		Spire(s)
B_o	Induction magnétique d'une bobine sans noyau	Tesla	T
B	Induction magnétique d'une bobine avec noyau	Tesla	T
μ_o	Perméabilité de l'aire ou du vide	Henry/mètre	H / m
μ_r	Perméabilité relative du métal	Henry/mètre	H / m
μ	Perméabilité absolue	Henry/mètre	H / m
Φ_o	Flux d'induction magnétique sans noyau	Wéber	W
Φ	Flux d'induction magnétique avec noyau	Wéber	W
F_m	Force magnétomotrice	Ampère-tour	AT
R_m	Reluctance magnétique	Henry^{-1}	H^{-1}
L'	Longueur du circuit magnétique	Mètre	m
v	Vitesse de déplacement d'un conducteur	Mètre/seconde	M / s
\mathcal{L}	Inductance d'une bobine	Henrys	H
E	Force Electro Motrice	Volt	V
E'	Force Contre Electro Motrice	Volt	V
P_{ut}	Puissance utile	Watt	W



P_{abs}	Puissance absorbée	watt	W
η	Rendement	Sans unité	
Y	Admittance	Ohm ⁻¹	Ω^{-1}
Spécifique en alternatif			
U	Tension efficace	Volt	V
I	Courant efficace	Ampère	A
u	Tension instantanée	Volt	V
i	Courant instantané	Ampère	A
U_M	Tension maximum	Volt	V
I_M	Courant maximum	Ampère	A
U_m	Tension moyenne	Volt	V
I_m	Courant moyen	Ampère	A
X	Réactance	Ohm	Ω
Z	Impédance	Ohm	Ω
f	Fréquence	Hertz	Hz
ω	Pulsation	Radian/seconde	Rad/s
X_L	Réactance selfique	Ohm	Ω
X_C	Réactance capacitive	Ohm	Ω
C	Capacité	Farad	F
P	Puissance active	Watt	W
Q	Puissance réactive	Volt ampère réactif	VAR
S	Puissance apparente	Volt ampère	VA
T	Période	Seconde	s

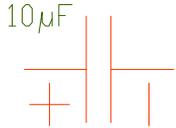
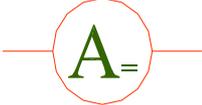
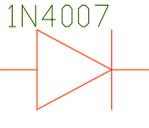
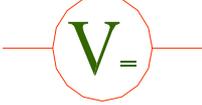
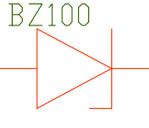
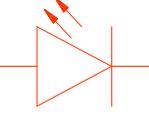
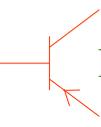
4. Bibliographie.

Electricité 1, 2 et 3
 Edition DE BOECK & LARCIER
 L. BRUNQUERS et M. FOUBERT

Electro-technique tome 1
 Edition EL educative
 G. VAUGEUIS



5. Les symboles

	Générateur continu fixe 9V		wattmètre
	Générateur continu variable 1-9V		condensateur
	Générateur alternatif fixe 5V		condensateur polarisé
	Générateur alternatif variable 0-5V		Self ou bobine 15H
	Ampèremètre alternatif		Résistance 150
	Ampèremètre continu		Impédance 1000
	voltmètre alternatif		Diode classique 1N4007
	voltmètre continu		Diode zéner BZ100
	ohmmètre		Diode électro luminescente LED
	oscilloscope		BC547 Transistor NPN
			BC557 Transistor PNP

Pour les autres symboles, voir dans vos notes de cours théoriques ou dans la librairie Autocad.

6. Les appareils de mesure.

6.1. Classement des appareils de mesure.

Nous pouvons classer les appareils de mesure en deux grandes familles, les appareils analogiques et les appareils numériques.



6.2. Etude des appareils analogiques.

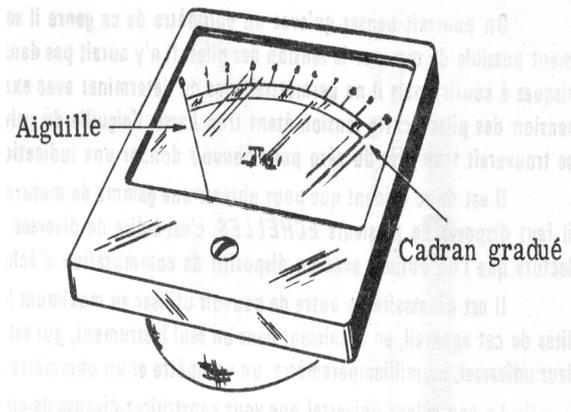
6.2.1. Leur présentation



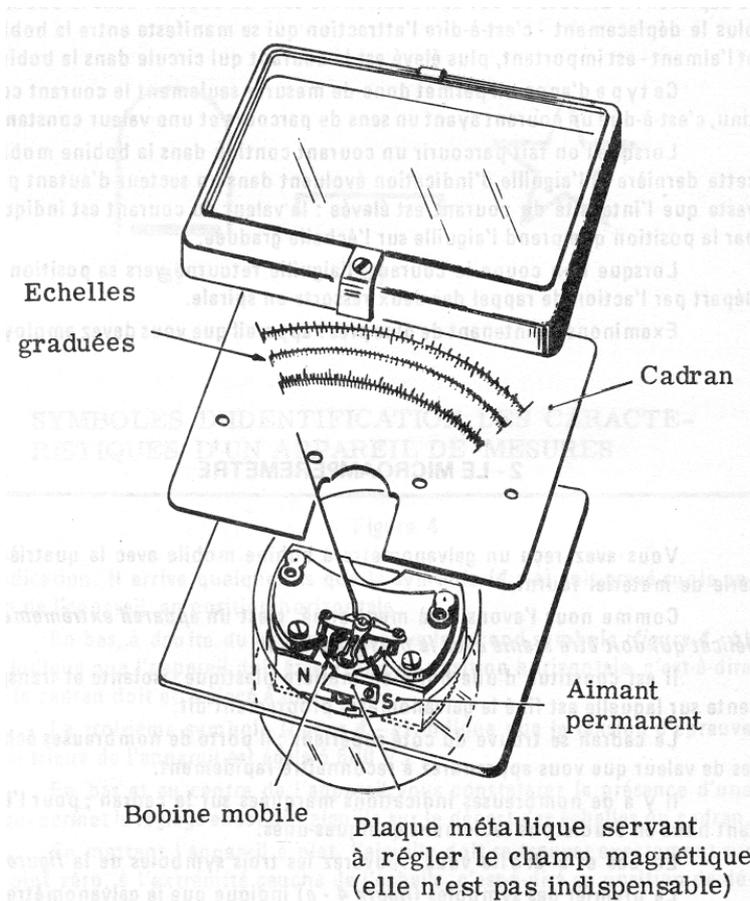
6.2.2. Généralité

Un appareil analogique, quelle que soit la technique utilisée, travaille toujours en déplaçant une aiguille devant un cadran gradué.

La partie visible à l'utilisateur présente :



Lorsque l'on ouvre l'appareil on découvre une autre partie appelée le galvanomètre.



Tous les appareils analogiques en sont équipés. Il s'agit du cœur de l'appareil.

6.2.3. Le cadran

Le cadran est en quelque sorte la règle de lecture de notre appareil. Pour certain appareil, il peut être changé en fonction des calibres associés au galvanomètre. La règle est composée d'une série de graduations qui forme ce que l'on appelle « l'échelle de lecture ». La présentation de cette échelle peut-être différente en fonction du genre d'appareils.

Echelle unique



Echelle multiple





exercer sur le mécanisme des efforts qui modifieraient le déplacement de l'équipage mobile. L'une des extrémités du ressort est fixée sur l'axe, et l'autre sur la partie stable de l'appareil. Sachez encore que les deux ressorts servent à relier la bobine mobile aux bornes de l'appareil.

- **Le contrepois** : il sert à maintenir l'équilibre de l'ensemble. L'aiguille seule exerce sur l'axe de l'équipage mobile un effort du au porte-à-faux. Afin de contre carré ce phénomène, on place un contre poids sur le coté opposé afin d'équilibrer les forces et ainsi obtenir une résultante nulle au droit de l'axe. Ce point montre la fragilité d'un tel appareil.
- **Cadre support de la bobine** : Il s'agit d'un cadre de forme rectangulaire en aluminium. Ce dernier est très léger, son rôle est uniquement de porter le bobinage qui développera le champ magnétique.
- **L'axe** : Ce dernier est coupé en deux morceaux, l'un sur la partie supérieure et l'autre sur la partie inférieure. Les axes sont fixés sur le cadre. L'un sur le dessus et l'autre sur le dessous. Il forme donc un ensemble solidaire. Les extrémités des axes se terminent en pointe du coté des supports. Il faut savoir que les deux axes sont isolés électriquement entres-eux.
- **Les supports** : Ils sont au nombre de deux, l'un au-dessus et l'autre en dessous. Ils reçoivent chacun l'une des extrémités des axes. Se sont eux qui garantissent l'alignement de l'équipage mobile. Les supports sont habituellement en acier de qualité dans les modèles courants et en pierre dure (rubis) dans ceux de haute précision.
- **La bobine** : Elle est enroulée sur le cadre. Elle est constituée d'un fin fil de cuivre émaillé très fin
- **Cylindre central** : Il est placé au centre de la bobine et est réalisé en fer doux non aimanté. Il permettra le réglage de l'appareil en usine (voir le principe de fonctionnement)

6.2.4.2. Principe de fonctionnement

Les appareils de mesure les plus employés utilisent le champ magnétique du courant qui les parcourt. Il s'agit des appareils à bobine mobile ou à cadre mobile.

L'équipage mobile est placé entre les pôles d'un aimant permanent puissant, de telle sorte que la bobine se trouve plongée dans le champ magnétique créé par l'aimant.

Si l'on fait passer un courant continu dans la bobine, celle-ci va devenir le siège de la création d'un champ magnétique de sens définit qui aura pour effet de polarisé cette bobine.



Nous voici donc en présence de deux polarisations, l'une due aux aimants permanents et l'autre due à la bobine.

Par les propriétés d'attraction et de répulsion des pôles, nous allons obtenir la création de forces qui vont agir sur la bobine et tendre à la faire tourner sur ses axes.

Le sens de rotation de la bobine dépend du sens des forces en présence. Le sens de ces dernières dépendant du sens de la polarisation des pôles. Enfin, si le pôle des aimants permanents est fixe, celui de la bobine va dépendre du sens de circulation du courant dans la bobine.

En inversant le sens du courant l'on inverse également le sens de déplacement de l'équipage mobile.

L'aiguille peut donc ainsi se déplacer soit vers la droite soit vers la gauche.

Pour que le déplacement de l'aiguille soit exactement proportionnel au courant à mesurer, on place à l'intérieur de la bobine mobile un petit cylindre de fer doux non-aimanté fixé sur le cadre mobile du galvanomètre.

Une plaquette métallique placée entre les deux pôles de l'aimant que l'on peut déplacer à gauche ou à droite permet de régler le champ magnétique, c'est-à-dire qu'elle constitue le réglage de l'aimant. Cette possibilité de réglage des instruments n'est seulement effectuée qu'en cours de fabrication par le constructeur.

Lorsque l'on fait parcourir un courant continu dans la bobine mobile, cette dernière et l'aiguille d'indication évoluent dans un secteur d'autant plus vaste que l'intensité du courant est élevée. La valeur du courant est indiquée par la position que prend l'aiguille sur l'échelle graduée.

Lorsque l'on coupe le courant, l'aiguille retourne vers sa position de départ par l'action de rappel des deux ressorts en spirale.

6.2.4.3. Conclusion

Nous avons constaté que la bobine mobile et par conséquent l'aiguille se déplace d'un côté ou de l'autre suivant le sens du courant dans la bobine.

Un appareil ayant la capacité de se mouvoir de la sorte est toujours appelé un GALVANOMETRE.

Plus élevé est le courant qui circule dans la bobine et plus le déplacement de l'aiguille sera important.

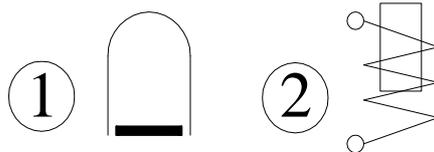
Ce type d'appareil permet donc de mesurer UNIQUEMENT un COURANT CONTINU, c'est-à-dire un courant ayant un sens de parcours et une valeur constante.

En d'autre terme, tous les appareils de mesure analogique à cadre mobile et donc basé sur le principe du galvanomètre sont des ampèremètres.

6.2.5. Les caractéristiques

Les appareils analogiques en fonction de leur constitution interne, auront chacun un usage bien précis. La description de toutes ces caractéristiques est reprise sous forme de symbole sur le cadran de l'appareil.

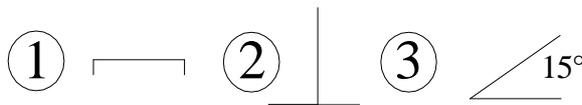
6.2.5.1. Le type de galvanomètre.



Le symbole n°1 représente l'utilisation d'un galvanomètre de type à noyau ferromagnétique. On le retrouve sur les ampèremètres capables de mesurer des courants importants.

Le symbole n°2 représente l'utilisation d'un galvanomètre de type à cadre mobile. On le retrouve sur les petits ampèremètres, les voltmètres et les ohmmètres

6.2.5.2. Le mode de pose



Le symbole n°1 précise que l'appareil doit être couché lors de son fonctionnement. Toute autre pose entraînera une erreur de lecture.

Le symbole n°2 précise que l'appareil doit être debout lors de son utilisation. Il s'agit essentiellement des appareils placés sur les portes ou autres frontons des armoires électriques. Toute autre pose entraînera une erreur de lecture.

Le symbole n°3 précise que l'appareil doit être incliné selon un angle bien précis lors de son fonctionnement. L'inclinaison est dans la plus part du temps garanti par un levier solidaire de l'appareil. Il s'agit des appareils de laboratoire portatif. Toute autre pose entraînera une erreur de lecture.



6.2.5.3. Le degré d'isolation



La présence de l'étoile signale que l'appareil présente une limite diélectrique. Il s'agit de l'isolement électrique des pièces sous tension en regard aux autres parties de l'appareil et donc de l'utilisateur. Le chiffre inscrit à l'intérieur de l'étoile précise la référence de la tension d'isolement.

- 1 correspond à un degré d'isolement de 600V
- 2 correspond à un degré d'isolement de 1000V
- 3 correspond à un degré d'isolement de 2000V
- etc..

6.2.5.4. La nature de la mesure et la classe de l'appareil



Le symbole peut-être scindé en deux parties, le chiffre situé au-dessus et le symbole en dessous.

Le symbole n°1 précise que l'appareil ne peut mesurer que des signaux de type continu ou redressé. Tous autres signaux endommageraient l'appareil.

Le symbole n°2 précise que l'appareil ne peut mesurer que des signaux de type alternatifs sinusoïdaux. Des mesures de signaux continus entraîneraient une erreur de lecture.

Le symbole n°3 précise que l'appareil peut mesurer des signaux continu et alternatif. Un choix de bornes placé sur l'appareil ou un jeu de sélecteurs permettra de sélectionner le type de mesure à réaliser.

Les chiffres notés au-dessus de ces symboles précisent ce que l'on appelle la classe de l'appareil. (voir lecture d'un appareil analogique)

6.2.6. Les appareils conventionnels

Les appareils classiques tel que voltmètre, ohmmètre et ampèremètre exigent quelque adaptation de notre galvanomètre.

Pour les appareils conventionnels, leur déviation est limitée à un seul sens ce qui exige la bonne polarisation de l'appareil. Le respect des bornes positive et négative.

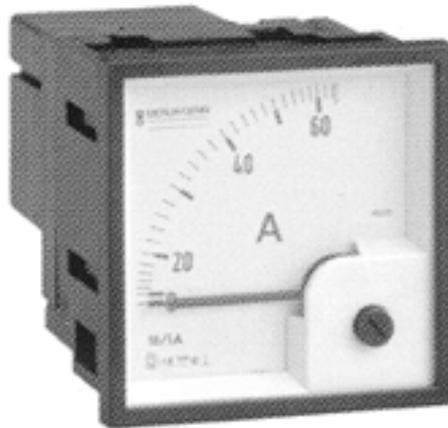


Une butée est placée pour empêcher l'appareil de dévier en sens contraire. Noter qu'en cas de mauvaise utilisation de l'appareil, on peut casser l'aiguille sur cette butée et ainsi détruire l'appareil car il n'est pas possible de remplacer l'aiguille par la suite.

6.2.6.1. L'ampèremètre analogique

Un ampèremètre est donc un galvanomètre à noyau ferro-magnétique n'ayant qu'un seul sens de déviation. La capacité de mesure ou en d'autre terme, les gammes de mesures sont réalisées par la mise en place de résistances additionnelles placées en série avec le galvanomètre. Chaque ajout de résistances entraîne une augmentation de la résistance globale de l'appareil et donc une diminution du courant dans le galvanomètre. Je peux donc mesurer des courants plus importants avec le même appareil.

Dans le cas d'ajout de résistances additionnelles, il faut veiller à changer l'échelle de lecture du cadran. Cette échelle doit tenir compte de l'influence des résistances additionnelles. Il existe deux façons de modifier l'échelle de lecture, soit avec des cadrans amovibles et interchangeables soit avec des cadrans offrant plusieurs échelles de lecture associées à un calibre de l'appareil.

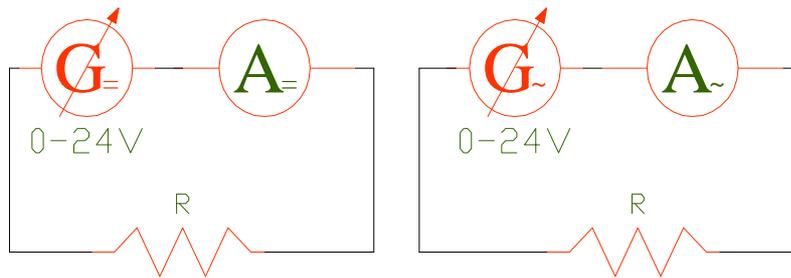


Cet appareil permettra donc la mesure de courant électrique dans un circuit donné. Ils seront de type DC (direct courant) ou AC (alternatif courant).

Il faut tenir compte lors de l'utilisation ou du choix d'un tel appareil de mesure de ces capacités, à savoir quel sera le courant maximum que ce dernier pourra mesurer sans risque de détérioration. Dans le cas de l'illustration ci-dessus, 60A.

Précisons encore que plus un appareil est capable de mesurer de grande valeur et moins il sera précis dans les valeurs faibles. La précision d'un tel appareil pour de faible valeur sera donc moins bonne que pour un appareil dont la lecture maximum est plus faible.

Le branchement d'un tel appareil se fera en série dans le circuit. Il faut donc interrompre le circuit pour placer l'ampèremètre. Veiller à toujours couper l'alimentation avant de réaliser cette manœuvre.



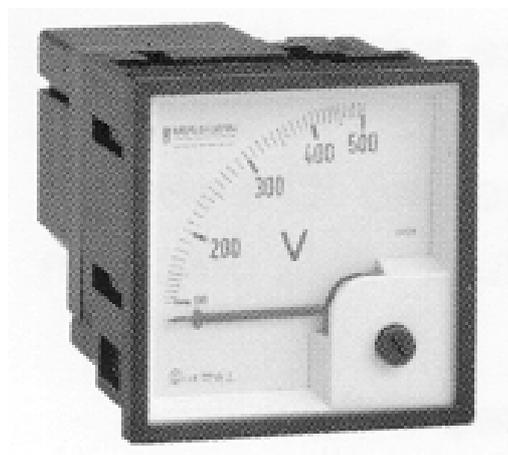
6.2.6.2. Le voltmètre analogique

Un voltmètre doit afficher la valeur d'une tension, pourtant il mesure un courant puisqu'il utilise un galvanomètre. Un voltmètre est donc un galvanomètre à cadre mobile n'ayant qu'un seul sens de déviation mais avec en plus une résistance shunt. Cette dernière en fonction de sa valeur (qui définira le calibre de l'appareil) déviara une partie du courant. Le galvanomètre ne sera donc plus traversé que par une partie seulement du courant dévié dans l'appareil. Cette partie sera l'image de la tension mesurée aux bornes du composant. Rappelons qu'en regard à la loi en tension d'un couplage en parallèle de récepteurs, toutes les tensions seront identiques.

Cet artifice nous est dicté par la loi d'ohm. Nous connaissons la valeur de la résistance de notre appareil de mesure, ainsi sur base de la loi d'ohm, la tension est proportionnelle au courant puisque la résistance est constante.

Si la mesure de la tension devient trop grande, cela veut dire que le courant traversant le galvanomètre devient trop élevé. Si je veux diminuer ce dernier, il me suffit de réduire la valeur de la résistance shunt (par exemple en plaçant une résistance shunt supplémentaire) pour dévier une plus grande partie du courant vers cette dernière. Le courant dans le galvanomètre diminue et par conséquent j'ai augmenté le calibre de mon voltmètre.

Dans le cas d'ajout de résistances shunt, il faut veiller à changer l'échelle de lecture du cadran. Cette échelle doit tenir compte de l'influence des résistances shunt. Il existe deux façons de modifier l'échelle de lecture, soit avec des cadrans amovibles et interchangeable soit avec des cadrans offrant plusieurs échelles de lecture associées à un calibre de l'appareil.



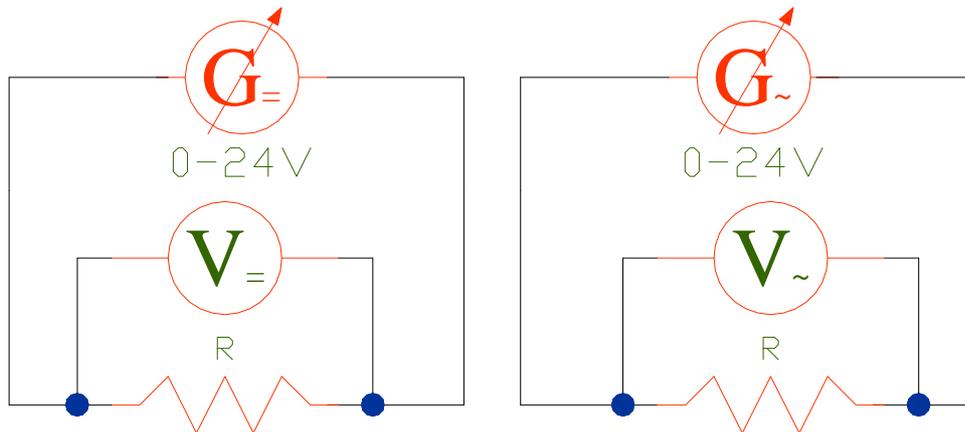


Cet appareil permettra donc la mesure de la tension électrique. Ils seront de type DC (direct courant) ou AC (alternatif courant).

Il faut tenir compte lors de l'utilisation ou du choix d'un tel appareil de mesure de ces capacités, à savoir quelle sera la tension maximum que ce dernier pourra mesurer sans risque de détérioration. Dans le cas de l'illustration ci-dessus, 500V.

Précisons encore que plus un appareil est capable de mesurer de grande valeur et moins il sera précis dans les valeurs faibles. La précision d'un tel appareil pour de faible valeur sera donc moins bonne que pour un appareil dont la lecture maximum est plus faible.

Le branchement d'un tel appareil se fera en parallèle dans le circuit. Il ne faut donc pas interrompre le circuit pour placer le voltmètre.

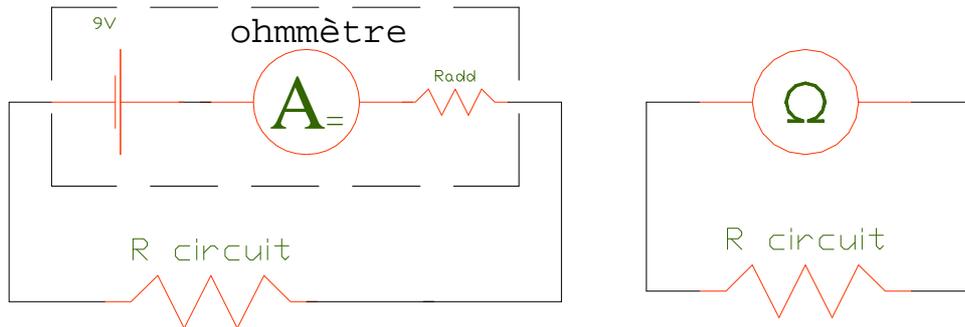


6.2.6.3. L'ohmmètre analogique

Dans un ohmmètre, on retrouve un galvanomètre à cadre mobile, des résistances additionnelles et une alimentation continue.

Dans ce cas de figure, la tension d'alimentation est constante. En pratique, il s'agira d'une pile. D'où la nécessité de ne jamais faire de mesure avec un appareil montrant un niveau d'énergie faible. Reprenant la loi d'ohm, si la tension est une constante, je peux conclure que la résistance sera proportionnelle au courant. Le déplacement de l'aiguille sur une échelle graduée adaptée nous donnera donc la valeur de la résistance du circuit.

J'attire l'attention sur le fait que toute mesure de résistance doit se faire avec l'élément à mesurer isolé de son circuit. La mesure d'une résistance directement sur un circuit imprimé reste très aléatoire car nous n'avons jamais la certitude de ne pas mesurer une résistance équivalente du circuit.



6.2.6.4. Le multimètre analogique



C'est un appareil multi fonction, capable de remplacer les appareils énoncés ci-dessus.

Un tel appareil possède plusieurs bornes de branchement. Le choix des bornes sera fonction de la nature des signaux à mesurer. Retenons qu'en règle générale, il existe une borne commune à toutes les mesures.

Le choix de la mesure (courant, tension, résistance) sera réalisé par un sélecteur principal.

Le choix des gammes de mesure ou des calibres sera réalisé également par un sélecteur. Il est possible que les deux sélecteurs ne fassent qu'un comme sur l'illustration ci-dessus.

Le cadran dans ce cas de figure sera constitué d'une série d'échelles graduées associée chacune à un des types de mesure que l'appareil est capable de réaliser.

6.2.6.5. Le wattmètre analogique



Cet appareil est particulier, il est capable de mesurer la puissance active. La formule de la puissance nous dit que $P = U * I$. Nous avons donc besoin de l'image du courant mais aussi de l'image de la tension.

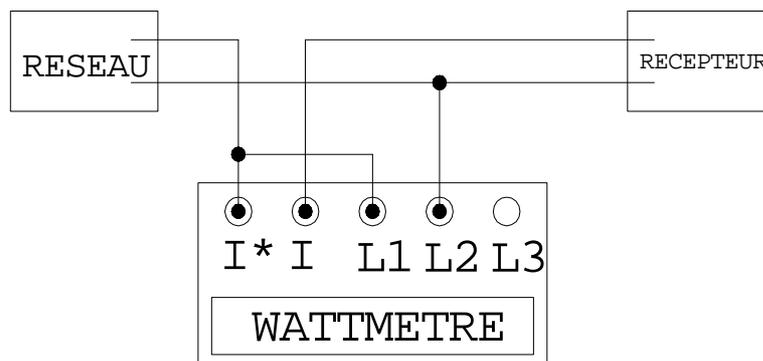
Un wattmètre est donc un appareil qui possède un galvanomètre mais associé à deux bobines, l'une donnant l'image de la tension et la seconde l'image du courant. L'équipage mobile est donc mu par un jeu de force supplémentaire. Précisons encore, sans rentrer dans le détail, que le positionnement des deux bobines permet également de tenir compte du déphasage entre le courant et la tension en régime alternatif. ($P = U * I * \cos\phi$)

En règle générale, un tel appareil possède deux bornes pour l'enroulement courant et deux ou trois bornes pour le(s) enroulement(s) tension.

Des commutateurs permettent de sélectionner les gammes des courants et les gammes des tensions.

Il n'existe souvent qu'une ou deux échelle(s) de lecture sur le cadran et en fonction du choix des commutateurs, un facteur multiplicateur doit être appliqué à la valeur lue sur l'échelle pour avoir le résultat exact. Un tableau est fourni avec l'appareil et définit ces derniers.

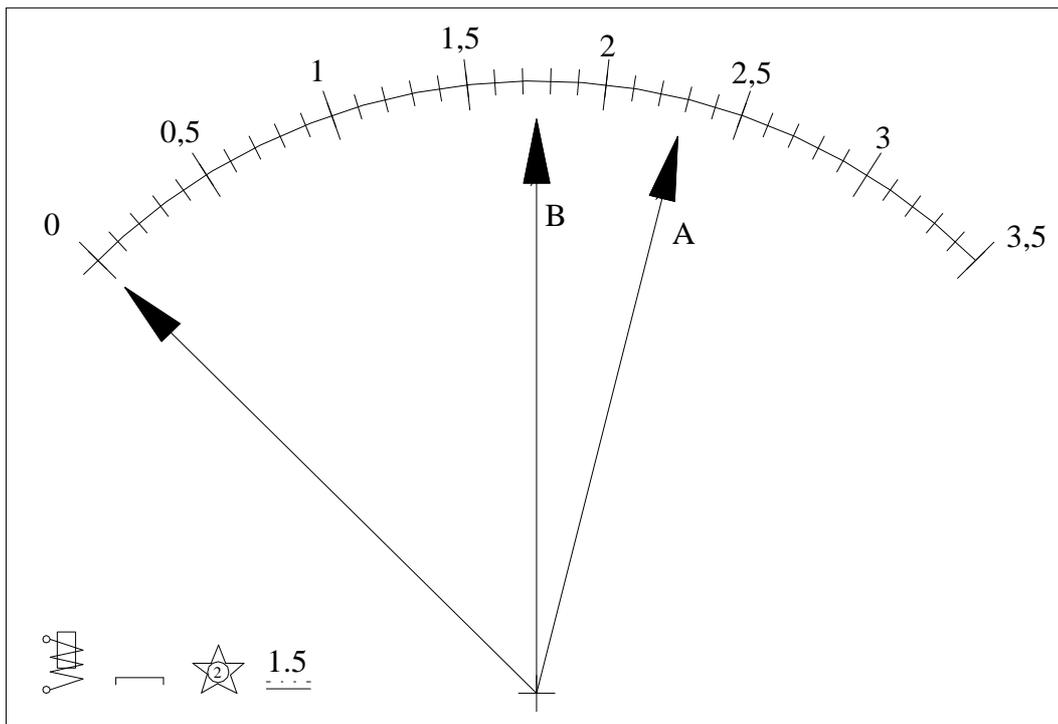
Le câblage d'un wattmètre est particulier et mérite toute l'attention de l'utilisateur.



6.2.7. La technique de mesure

6.2.7.1. Cas d'une échelle simple

Lorsque l'on regarde le cadran d'un appareil analogique et plus précisément son échelle graduée, voici ce que l'on peut avoir.



La méthode la plus simple pour réaliser la conversion de la lecture est la suivante et peut se présenter sous la forme d'un tableau qu'il suffit de remplir.

Pour cela, vous devez relever quelques informations sur l'appareil :

- Le calibre de l'appareil (dans notre cas, nous prendrons 3.5A comme calibre unique)
- Le nombre total de graduations sur l'échelle de lecture correspondant au calibre (Il s'agit de compter toutes les graduations sur l'échelle, dans notre cas il y en a 35. On ne compte pas la graduation du zéro)
- La valeur maximum de la mesure à fond d'échelle (aiguille au maximum de déplacement) en fonction du calibre (dans notre cas, la valeur maximum sera de 3.5A)
- Le nombre de graduations relevées pour la lecture, il s'agit de compter les graduations jusque la pointe de l'aiguille.

Une fois que toutes ces valeurs sont relevées, il vous suffit de compléter le tableau ci-dessous et d'appliquer la formule suivante pour déterminer la valeur réelle du signal.



Nb de graduations de la mesure
Valeur = calibre * (-----)
Nb de graduations max de l'échelle

Application à l'échelle représentée ci-dessus.

Aiguille tenue en compte pour la lecture	Calibre de l'appareil	Nb total de graduations sur l'échelle de lecture correspondant au calibre	Valeur maximum de la mesure à fond d'échelle en fonction du calibre	Nombre de graduations relevées pour la lecture	Détermination de la valeur réelle du signal
A	3.5 A	35	3.5A	23	3.5*(23/35)=2.3A
B	3.5 A	35	3.5A	17.5	3.5*(17.5/35)=1.75A

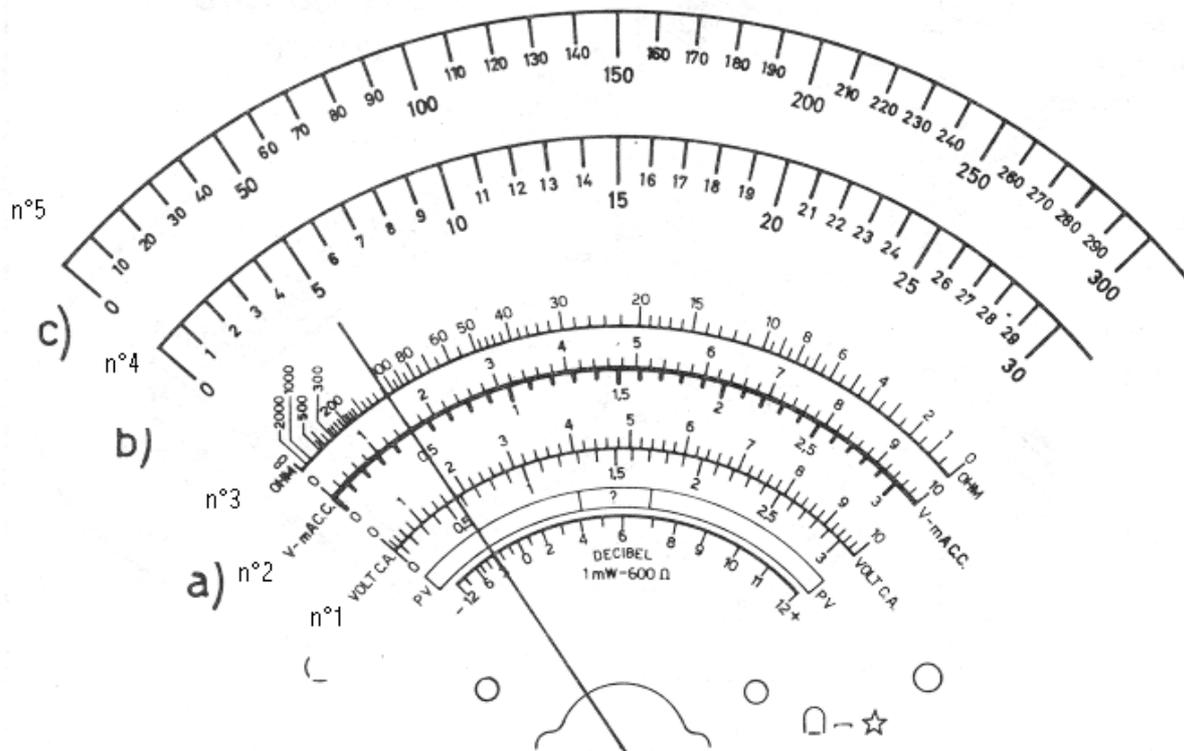
Si nous supposons notre appareil possédant un sélecteur de calibre avec les possibilités suivantes, calibres de 350mA, de 3.5A et de 35A.

Application à l'échelle représentée ci-dessus avec l'aiguille A pour chaque calibre.

Calibre de l'appareil	Facteur d'échelle	Nb total de graduations sur l'échelle de lecture correspondant au calibre	Valeur maximum de la mesure à fond d'échelle en fonction du calibre	Nombre de graduations relevées pour la lecture	Détermination de la valeur réelle du signal
350mA	0,1	35	3,5*0.1	23	0,35*(23/35)=0,23A
3,5A	1	35	3,5	23	3,5*(23/35)=2,3A
35A	10	35	3,5*10	23	35*(23/35)=23A

6.2.7.2. Cas d'une échelle multiple

Dans ce cas, le cadran comporte autant d'échelle graduée que de fonction. Il est courant également de devoir appliquer pour certain calibre un facteur de correction à appliquer sur la lecture d'une échelle.



Vous avez ci-dessus un exemple de cadran utilisé sur les multimètres analogiques. Vous pouvez remarquer le nombre important d'échelles graduées.

Analysons les informations données par le cadran :

Nous pouvons lire sur le cadran que l'échelle la plus basse (n°1) permet de réaliser la mesure de tension alternative (volt CA). Cette échelle est divisée en deux, avec des graduations pour une mesure maximum de 3V en bas [n°1b] et une autre pour une mesure maximum de 10V en haut [n°1h]. Remarquer que l'échelle du bas à une précision au dixième de volt alors que celle du haut à une précision de l'ordre de deux dixièmes de volt.

Nous pouvons lire sur le cadran que l'échelle (n°2) permet de réaliser la mesure de tension continue (V CC) et également la mesure de courant continu (mA CC). A nouveau nous pouvons remarquer que l'échelle est divisée en deux. Nous avons des graduations pour une mesure maximum de 3V ou 3mA en bas [n°2b] et une autre pour une mesure maximum de 10V ou 10mA en haut [n°2h]. Remarquer que l'échelle du bas à une précision au dixième alors que celle du haut à une précision de l'ordre de deux dixièmes.



L'échelle suivante correspond à la lecture de la résistance [n°3]. Ici nous n'avons plus qu'une seule échelle et remarquer que cette dernière n'est plus lue de gauche à droite mais bien de droite à gauche. Cette constatation est logique puisque la résistance évolue en sens inverse du courant.

Nous pouvons encore remarquer deux échelles supplémentaires au-dessus des trois précédentes [n°4 et n°5]. Il s'agit en réalité d'échelle permettant de lire la valeur de tensions continues. Ces dernières échelles permettent donc la lecture directe de la tension pouvant aller jusque 30V pour la première et 300V pour la seconde.

Remarquer que ces échelles sont des multiples de 10 de la première échelle de mesure de tension DC vue précédemment (n°2b).

En résumer :

- n° 1b échelle numéro 1 du bas (Volt AC)
- n° 1h échelle numéro 1 du haut (Volt AC)
- n° 2b échelle numéro 2 du bas (Volt DC et mA DC)
- n° 2h échelle numéro 2 du haut (Volt DC et mA DC)
- n° 3 échelle numéro 3 (ohm)
- n° 4 échelle numéro 4 (Volt DC)
- n° 5 échelle numéro 5 (Volt DC)

Cet appareil n'est pas capable de mesurer des courants alternatifs.

Reprenons notre cadran et précisons les calibres existant sur l'appareil.

Mesure de tension alternative : 3, 10, 30, 100, 300 V

Mesure de tension continue : 1, 3, 10, 30, 100, 300 V

Mesure de courant continu : 1, 10, 100 mA

Mesure de résistance : x10, x1000

La méthode la plus simple pour réaliser la conversion de la lecture est de reprendre notre tableau défini au point précédent.

Réalisons donc pour les calibres soulignés ci-dessus la lecture de la valeur réelle pour la position de l'aiguille sur la représentation ci-dessus.



Calibre de l'appareil	N° de l'échelle de lecture sur le cadran	Nb total de graduation sur l'échelle de lecture correspondant au calibre	Valeur maximum de la mesure sur l'échelle en fonction du calibre	Nombre de graduation relevée pour la lecture	Détermination de la valeur réelle du signal
10V DC	2b	50	10	8	$10 * (8/50) = 1,6V$
300V DC	5	30	300	5	$300 * (5/30) = 50V$
100V AC	1h* <u>10</u>	50	10* <u>10</u>	9	$100 * (9/50) = 18V$
3V AC	1b	30	3	6	$3 * (6/30) = 0,6V$

Le chiffre souligné représente le facteur de correction ou d'échelle.

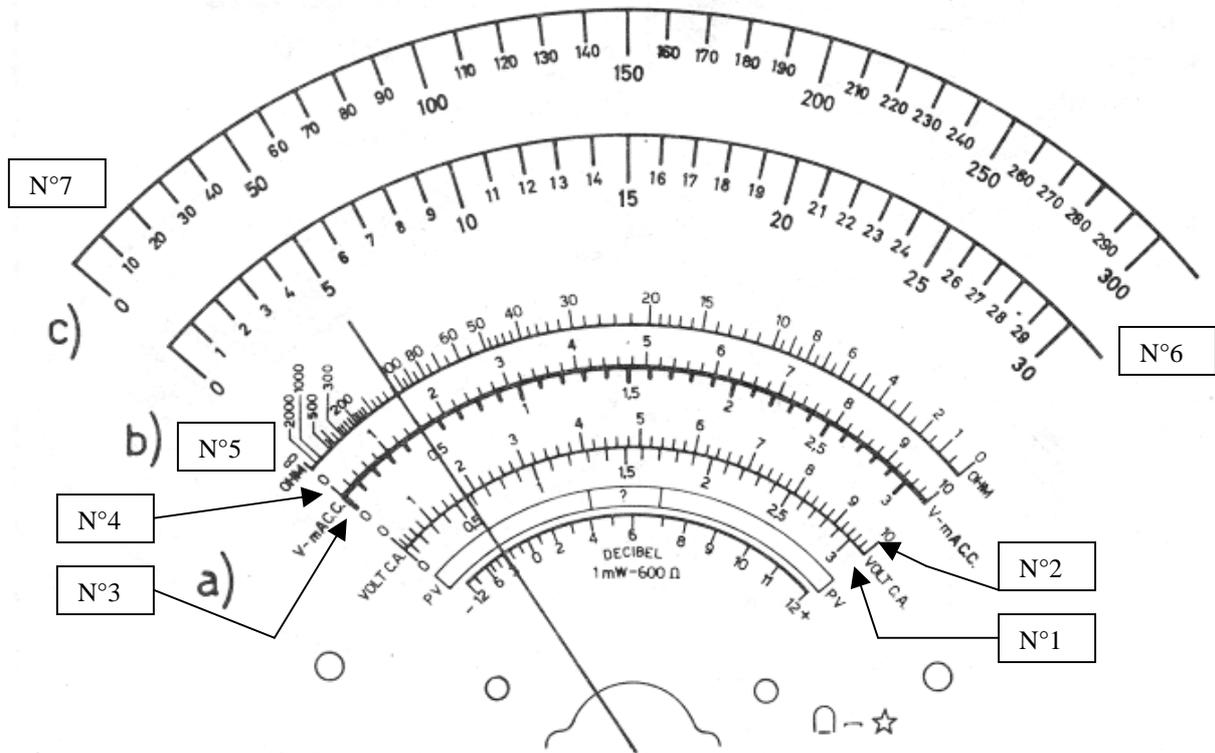
Dans certain cas, les calibres sont des multiples de 10, dans ce cas je peux résumer la procédure de lecture pour chaque type comme suit :

	1	3	10	30	100	300	X10	X1000
Tension AC	-	1b	1h	1b* <u>10</u>	1h* <u>10</u>	1b* <u>100</u>	-	-
Tension DC	2h/ <u>10</u>	2b	2h	4	2h* <u>10</u>	5	-	-
Courant DC	2h/ <u>10</u>	-	2h	-	2h* <u>10</u>	-	-	-
Résistance	-	-	-	-	-	-	3* <u>10</u>	3* <u>1000</u>

Le chiffre souligné représente le facteur de correction ou d'échelle.

6.2.7.3. La SAF 1-0-1-1

Afin de se familiariser avec la lecture sur cadran gradué, réalisez les lectures suivantes.



Les calibres disponibles sur l'appareil sont les suivants :

- Pour la mesure de la tension en continu 1, 3, 10, 30 100 et 300 volts
- Pour la mesure du courant en continu 1, 10, 100 mA
- Pour la mesure de la tension en alternatif 3, 10, 30, 100 et 300 Volts
- Pour la mesure de la résistance 2, 20 et 2000Kohms

6.2.7.3.1 Relever des valeurs maximums sur chaque échelle de lecture.

Echelle	Valeur maximum en fond d'échelle	Unité
N°1		
N°2		
N°3		
N°4		
N°5		
N°6		
N°7		



6.2.7.3.2 Lecture d'une tension continue.

Calibre de l'appareil	Nb total de graduations sur l'échelle de lecture correspondant au calibre	Valeur maximum de la mesure sur l'échelle en fonction du calibre	Nombre de graduations relevées pour la lecture	Détermination de la valeur réelle du signal

6.2.7.3.3 Lecture d'une tension alternative.

Calibre de l'appareil	Nb total de graduations sur l'échelle de lecture correspondant au calibre	Valeur maximum de la mesure sur l'échelle en fonction du calibre	Nombre de graduation relevée pour la lecture	Détermination de la valeur réelle du signal

6.2.7.3.4 Lecture d'une résistance.

Calibre de l'appareil	Détermination de la valeur réelle du signal



6.2.7.3.5 Lecture d'un courant continu.

Calibre de l'appareil	Nb total de graduations sur l'échelle de lecture correspondant au calibre	Valeur maximum de la mesure sur l'échelle en fonction du calibre	Nombre de graduation relevée pour la lecture	Détermination de la valeur réelle du signal

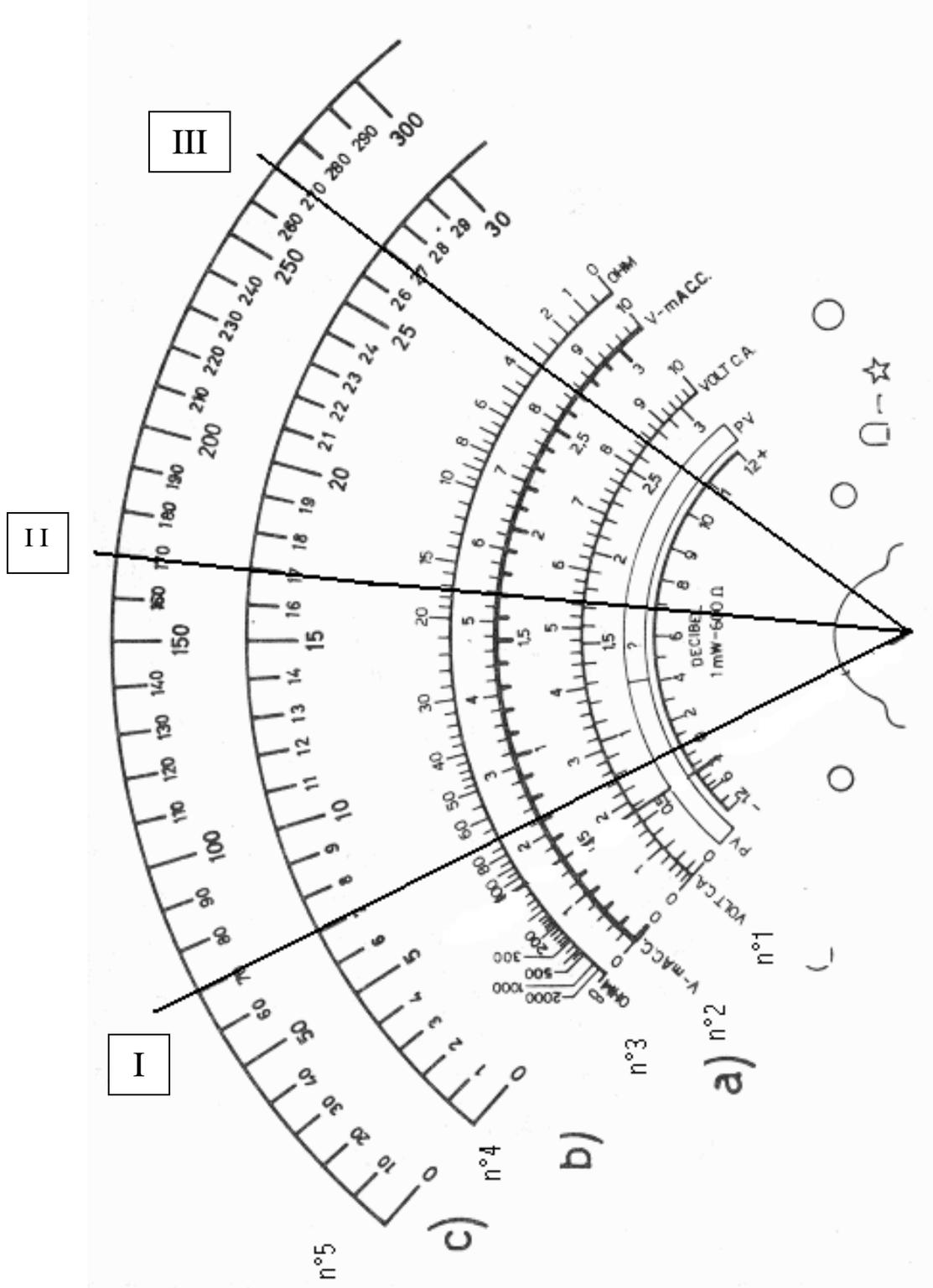
6.2.7.3.6 Réglage de l'appareil pour une lecture précise.

Tu dois réaliser les mesures reprises dans le tableau ci-dessous, sélectionne le calibre qui te permettra de faire la lecture la plus précise. Quel type de signal vas-tu relever ? Sur quelle échelle du dessin de départ vas-tu réaliser ta lecture ?

MESURE	CALIBRE	TYPE DE SIGNAL	ECHELLE DE LECTURE
1,8V AC			
7,6V AC			
29V AC			
156V AC			
0,6V DC			
1,9V DC			
14V DC			
96VDC			
0,0008A DC			
0,0015A DC			
0,0089A DC			
0,075A DC			
150ohms		XXXXXXXXXX	
180000ohms		XXXXXXXXXX	

6.2.7.4. La SIF 2-0-1-1

Afin de se familiariser avec la lecture sur cadran gradué, réalise les lectures suivantes.





Question : Enonce la formule permettant de déduire la valeur réelle du signal

6.2.7.4.1 Lecture des valeurs données par l'aiguille I.

Tableau devant te permettre de déterminer les valeurs réelles des mesures.

Calibre de l'appareil	Nb total de graduations sur l'échelle de lecture correspondant au calibre	Valeur maximum de la mesure sur l'échelle en fonction du calibre	Nombre de graduation relevée pour la lecture	Détermination de la valeur réelle du signal
$U_{AC} 3V$				
$U_{AC} 10V$				
$U_{AC} 30V$				
$U_{AC} 100V$				
$U_{AC} 300V$				
$U_{DC} 1V$				
$U_{DC} 3V$				
$U_{DC} 10V$				
$U_{DC} 30V$				
$U_{DC} 100V$				
$U_{DC} 300V$				
$I_{DC} 1mA$				
$I_{DC} 10mA$				
$I_{DC} 100mA$				
$R 20K\Omega$				
$R 2M\Omega$				



6.2.7.4.4 Réglage de l'appareil pour une lecture précise.

Tu es amené à réaliser les mesures suivantes, sélectionne le calibre pour avoir la meilleure lecture sous-entendue la précision de lecture la plus grande.

	calibre	Type de signal	Echelle de lecture
2,8V AC			
6,6V AC			
25V AC			
96V AC			
101V AC			
0,8V DC			
2,9V DC			
24V DC			
94VDC			
0,0007A DC			
0,0026A DC			
0,0092A DC			
0,085A DC			
350ohms			
78541ohms			

6.2.7.4.5 Déterminer au départ de la valeur souhaitée l'emplacement de l'aiguille sur l'échelle graduée.

La méthode est identique si ce n'est que l'on doit maintenant déterminer le nombre de graduation indiquée par l'aiguille.
En fonction de la valeur souhaitée, déterminer le calibre et définir l'échelle de lecture. Appliquer ensuite la formule.

$$\text{Nb de grad de la mesure} = \text{Valeur} * \left(\frac{\text{Nb de grad max de l'échelle}}{\text{Calibre}} \right)$$

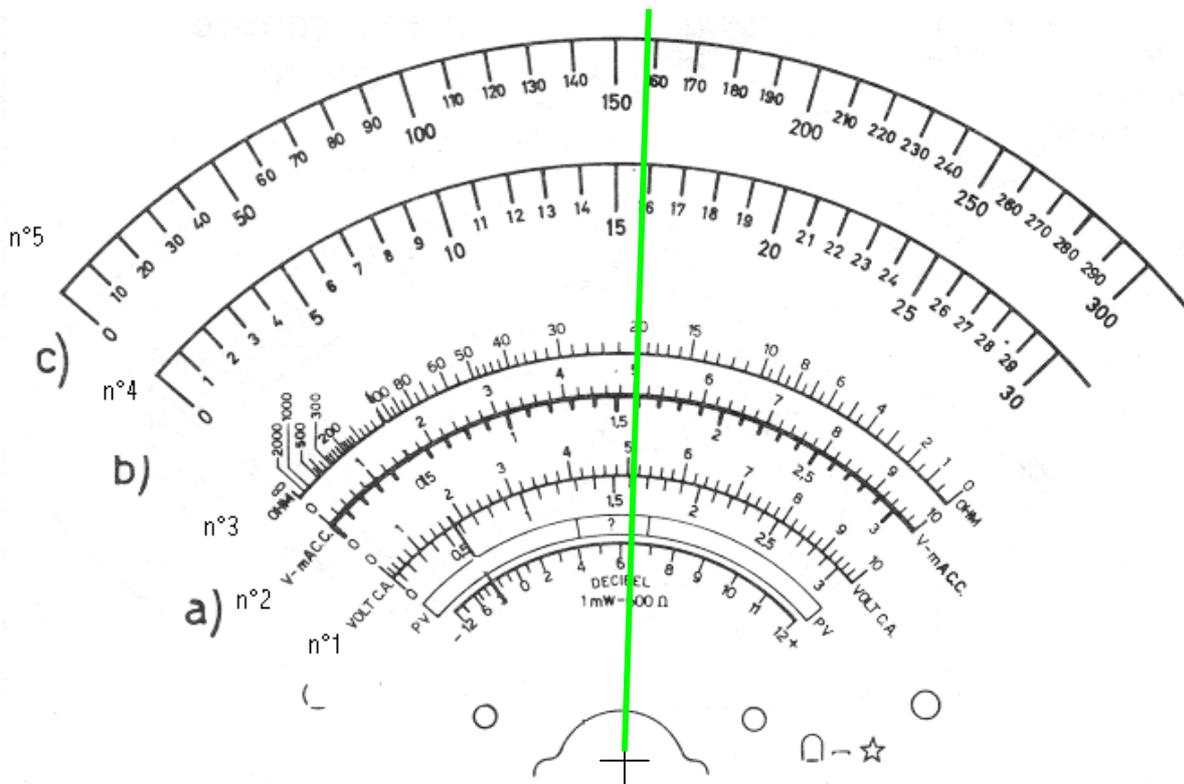
Il est demandé de représenter sur le dessin ci-dessous, après avoir réalisé les calculs, les valeurs suivantes (Utilise des couleurs différentes) :



Exemple, comment doit être réglé l'appareil et sur quelle échelle doit-on lire pour régler une valeur réelle de 1,6V DC ?

Calibre de l'appareil	Nb total de graduations sur l'échelle de lecture correspondant au calibre	Valeur maximum de la mesure sur l'échelle en fonction du calibre	Nombre de graduation devant être données par l'aiguille	Valeur réelle du signal souhaité
3V DC	30	3	$1,6 * (30/3) = 16$	1,6V DC
				175V DC
				56mA DC
				7.4V AC
				400ohms

Première solution, il faut retenir le calibre le plus proche de la mesure donc 3V en DC. J'injecte les informations dans le tableau et je déduis un nombre de graduation devant être données par l'aiguille. Résultat 16 graduations de déplacement.

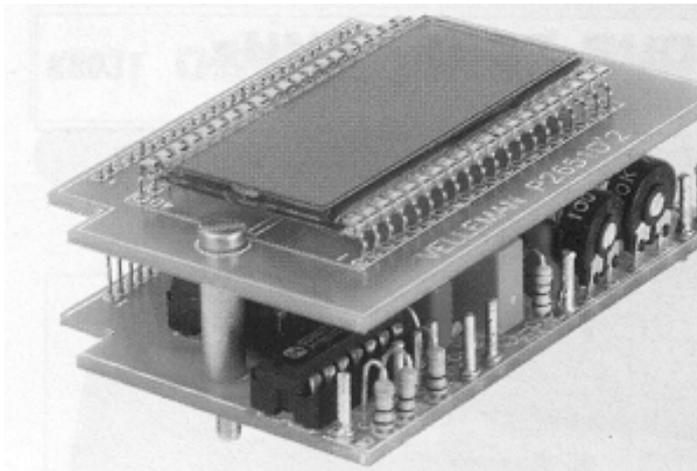


6.3. Les appareils numériques



6.3.1. constitution

Nous ne rentrerons pas ici dans le principe de fonctionnement de l'appareil, il faut juste savoir qu'un multimètre numérique est constitué d'un afficheur LCD géré par un circuit intégré et complété par une série de résistances et autres éléments électroniques.



Vous voyez ci-dessus la partie affichage d'un multimètre. Cette partie ne peut supporter qu'un courant limité (mA) sous un potentiel donné (Max 5V). Nous pouvons donc conclure, comme pour un appareil analogique, que cet équipement sera complété par un jeu de résistances qui via un commutateur permettra de modifier leurs couplages et ainsi définir des calibres différents.



6.3.2. Les différents types d'appareil de mesure numérique

On peut bien entendu retrouver en numérique les mêmes appareils qu'en analogique. La grande différence résidera dans plusieurs points.

- La précision de l'appareil sera supérieure à celle d'un appareil équivalent en lecture mais de type analogique (La remarque ne vaut pas pour les appareils analogiques de laboratoire)
- Nécessité d'avoir une source d'énergie pour les numériques
- Affichage de la mesure en lecture directe écran LCD
- Certains appareils offrent une protection contre les erreurs de câblage en numérique
- Certains appareils offrent une sélection automatique des calibres en numérique (l'appareil est ainsi protégé)

6.3.2.1. L'ampèremètre numérique

Souvent utilisé comme appareil d'information sur les installations fixes comme les tableaux d'alimentations. Il sera dans ce cas fixe et étalonné pour répondre exactement à la demande. Il peut aussi être trouvé en présentation portable et peut être utilisé dans presque toutes les positions ce qui en fait un appareil simple et facile d'utilisation. Noter que cette variante reste très coûteuse. Certains appareils seront encore équipés d'une pince (jouant de rôle de transformateur d'intensité) ce qui permettra un relevé du courant dans un conducteur sans devoir insérer l'appareil dans le circuit (pas d'ouverture et donc pas de coupure).

6.3.2.2. Le voltmètre numérique

Souvent utilisé comme appareil d'information sur les installations fixes comme les tableaux d'alimentations. Il sera dans ce cas fixe et étalonné pour répondre exactement à la demande. Il peut aussi être trouvé en présentation portable et peut être utilisé dans presque toutes les positions ce qui en fait un appareil simple et facile d'utilisation. Noter que cette variante est rare et coûteuse en regard aux appareils multifonction comme les multimètres.

6.3.2.3. Le wattmètre numérique

Cet appareil est très coûteux et également très sensible. Ils sont trouvés en tant qu'appareil de mesure mobile possédant plusieurs calibres qui seront manuels ou automatiques. Certains appareils seront encore capables de mesurer non seulement la puissance active mais également la puissance réactive, la puissance apparente voir même pour des appareils de dernière génération le cosinus phi et le sinus phi. Ces appareils ne mesurent en réalité que deux puissances, P et Q. Les autres informations sont déterminées par un calculateur interne.



6.3.2.4. Le multimètre numérique

Il s'agit sans aucun doute de l'appareil de mesure le plus utilisé sur le marché. Il existe sur le marché toute une série de multimètres numériques plus ou moins complet.

Nous allons faire ici un énoncé non exhaustif des fonctions que nous pouvons retrouver sur ce type d'appareil.

- Mesure du courant en position ampèremètre (AC et/ou DC)
- Mesure de la tension en position voltmètre (AC et/ou DC)
- Mesure de la résistance en position ohmmètre
- Mesure de la capacité en position capacimètre
- Mesure de la continuité
- Mesure de diode
- Mesure de la fréquence en position fréquencemètre
- Mesure de transistor en position transistor mètre
- Mesure de la température en position thermomètre
- Mesure des lux en position luxmètre

On retrouve donc sur ces appareils plusieurs bornes de connexion :

- COM : qui est la borne commune et qui est dans tous les cas de mesure utilisée (sauf en transistor mètre, en thermomètre, etc.. qui ont le bornier propre)
- V,Ω, Hz : qui est la borne devant être utilisée pour la mesure de tension, de résistance, de fréquence, de test de diode, de mesure de capacité, etc.
- mA : qui est la borne de mesure de courant de l'ordre de quelques milliampères
- A : qui est la borne de mesure de courant jusque 10A ou 20A maximum.

En conclusion, pour utiliser correctement un multimètre, vous devez sélectionner le type de mesure à l'aide du commutateur et utiliser la borne COM et une des trois autres bornes.

A nouveau, vous pouvez trouver deux types de multimètre sur le marché, les appareils qui ont une détermination automatique du calibre et les autres de type manuel.

Pour les appareils à détermination de calibre automatique, vous devez seulement sélectionner le type de mesure à réaliser (courant, tension, ..) et la nature du signal à mesurer (AC ou DC) (le plus souvent à l'aide d'une touche (par exemple jaune sur le Wavetek)).

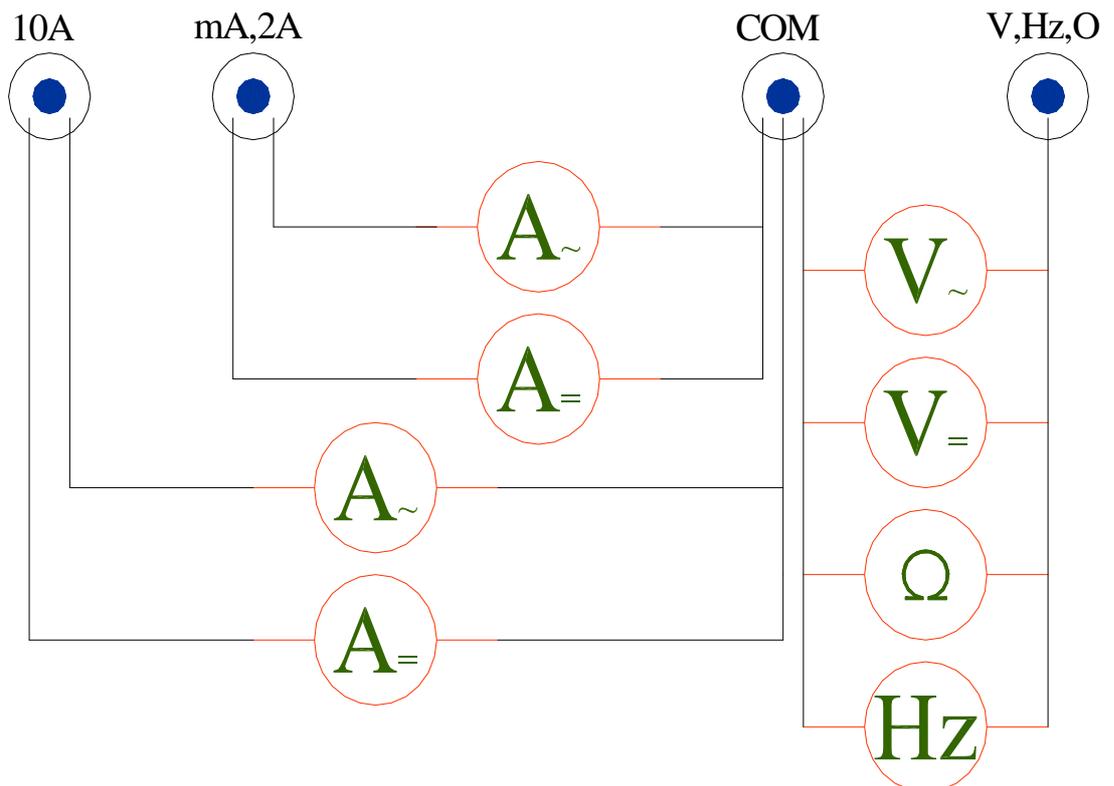
Pour les appareils à détermination de calibre manuel, vous devez choisir à l'aide du commutateur non seulement le type de mesure à réaliser mais en même temps le calibre qui représentera la valeur maximum.



Le commutateur permet ainsi de sélectionner les choix suivant :

- Pour une intensité de courant continue, prendre un des calibres notés : **DC A**
- Pour une intensité de courant alternative, prendre un des calibres notés : **AC A**
- Pour une tension continue prendre un des calibres notés : **DC V**
- Pour une tension alternative prendre un des calibres notés : **AC V**
- Pour une fréquence prendre un des calibres notés : **Hz**
- Pour une résistance prendre un des calibres notés : **Ω**
- Pour une capacité prendre un des calibres notés : **μF**
- Pour un transistor prendre le calibre noté : **hFE**
- Pour une température prendre le calibre noté : **$^{\circ}\text{C}$**

De façon simplifiée et pour les mesures habituelles, voici les branchements à réaliser sur un appareil numérique en fonction du type de mesure à réaliser.





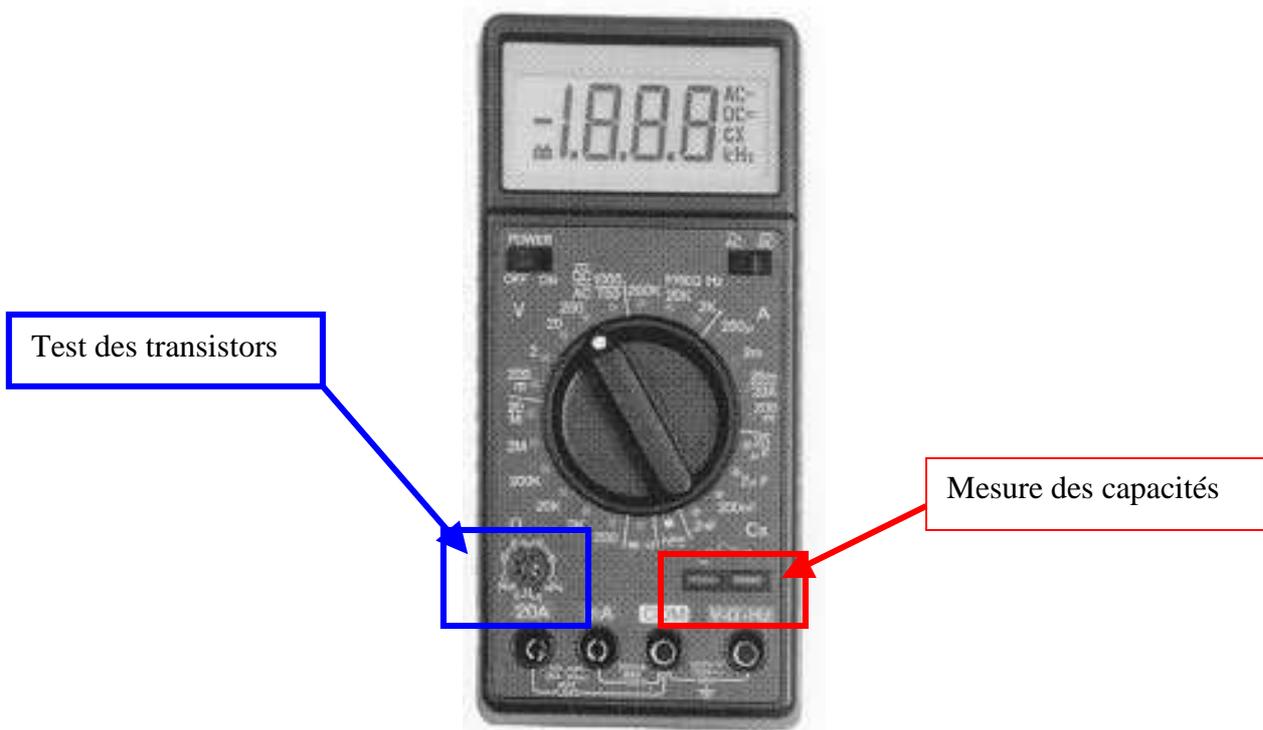
Pour être encore plus complet, voici un tableau reprenant l'ensemble des informations à retenir pour l'utilisation d'un multimètre numérique.

	Borne COM	Borne V,Ω, Hz	Borne mA	Borne A	Autres Borne	Mode de câblage vis-à-vis du composant	Etat du composant
I DC	X	-----	X	Ou X	-----	Placé en série	Connecté
I AC	X	-----	X	Ou X	-----	Placé en série	Connecté
U DC	X	X	-----	-----	-----	Placé en parallèle	Connecté
U AC	X	X	-----	-----	-----	Placé en parallèle	Connecté
Hz	X	X	-----	-----	-----	Placé en parallèle	Connecté
Ω	X	X	-----	-----	-----	Placé en parallèle	Déconnecté
μF	X	X	-----	-----	Ou X	Placé en parallèle	Déconnecté
hFE	-----	-----	-----	-----	X	Place en respectant EBC	Déconnecté
°C	X	X	-----	-----	-----	Placé dans l'ambiance	Connecté
diode	X	X	-----	-----	-----	Placé en parallèle	Déconnecté
C	-----	-----	-----	-----	X	Placé en parallèle	Déconnecté

Remarques :

Pour la mesure des capacités, il faut bien faire attention à la polarisation des condensateurs lors de la mesure. La borne - du condensateur sera placée sur la borne COM ou « - » du multimètre.

Pour la mesure des diodes, il faut que la cathode de la diode soit placée sur la borne COM du multimètre. Dans cette position la valeur de la tension de diffusion apparaîtra à l'écran.





7. Les techniques de mesure

7.1. Généralité

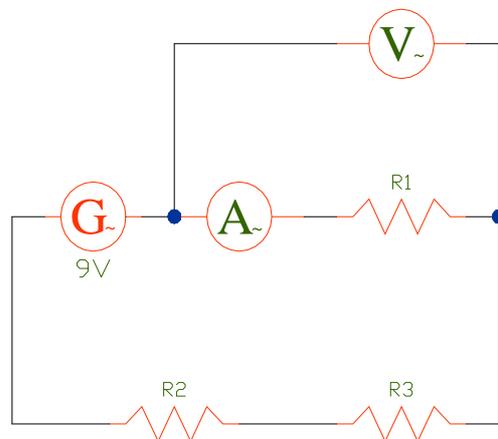
Vous devez savoir que le fait même de placer un appareil de mesure dans un circuit électrique en modifie le comportement. Dans ces conditions, toutes mesures réalisées ne sera jamais l'image exacte du signal que l'on souhaite isoler dans un circuit. Nous tenterons de nous en approcher le plus en appliquant un calcul d'erreur.

Il est évident que si le positionnement d'un appareil de mesure modifie le circuit, nous devons veiller à ce que notre appareil offre le moins de perturbations. La qualité d'un appareil de mesure est à ce prix. Il faut donc veiller à utiliser des appareils de mesure dont la résistance interne est la plus petite possible.

On retrouve sur le marché une multitude d'appareils de mesure à tous les prix et avec des capacités très larges. Il faut être très attentif lors de l'achat et ne pas prendre le meilleur marché, car dans ces conditions vous n'aurez jamais un appareil de qualité. Pour un bon appareil, il faut mettre le prix (environ 100euros).

7.2. Le montage amont

Dans cette configuration, il faut comprendre que l'élément de mesure placé en parallèle englobe l'élément de mesure placé en série.

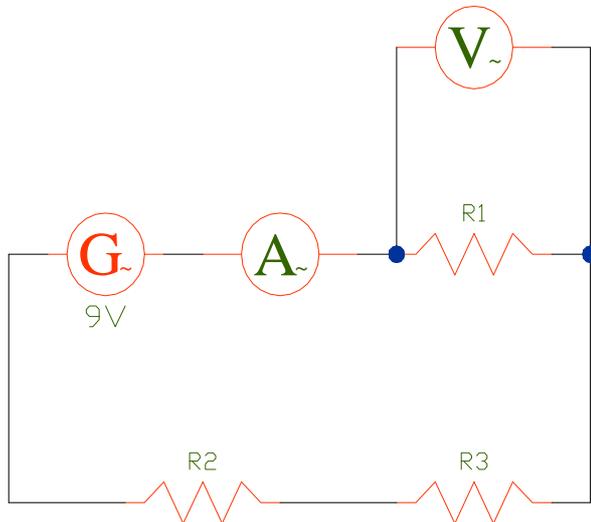


Si on analyse le circuit, on peut voir que l'ampèremètre va relever une valeur plus faible que celle normalement mesurée sans le voltmètre. En effet, une partie du courant circulant dans le circuit va être dévié vers le voltmètre. Nous avons donc une mesure sous estimée.

L'analyse de la mesure de la tension avec notre voltmètre offre aussi une valeur différente de celle réellement présente au droit de la charge. En effet, l'appareil mesure également la chute de tension au droit de l'ampèremètre. Nous avons donc une mesure sur estimée.

7.3. Le montage aval

Dans cette configuration, il faut comprendre que l'élément de mesure placé en parallèle n'englobe pas l'élément de mesure placé en série.



Si on analyse le circuit, on peut voir que l'ampèremètre va relever une valeur plus grande que celle normalement mesurée sans le voltmètre. En effet, une partie du courant circulant dans le circuit va être dévié vers le voltmètre. Nous avons donc une mesure sur estimée.

L'analyse de la mesure de la tension avec notre voltmètre offre aussi une valeur différente de celle réellement présente au droit de la charge. En effet, l'appareil mesure bien la tension au droit de la résistance mais comme il y a moins de courant qui la traverse, la mesure est également fautive. Nous avons donc une mesure sous estimée.

7.4. Conclusion

L'utilisation d'un appareil de mesure quel qu'il soit sera toujours vu comme l'insertion d'une résistance dans le circuit.

Les lois de couplage nous disent que toute mise en série d'une résistance entraînera une augmentation de la résistance globale et donc pour un générateur donné une diminution du courant électrique dans le circuit.

De la même façon, toute mise en parallèle d'une résistance entraînera une diminution de la résistance globale et donc pour un générateur donné une augmentation du courant électrique dans le circuit.

Ces constatations doivent nous faire prendre conscience que la prise de mesure doit être réalisée avec beaucoup de soin et avec des appareils adéquats. Pour ce qui est du choix de la méthode aval ou amont, la décision est liée aux appareils de mesure et à leurs caractéristiques. Bien souvent, l'utilisation de multimètres identiques pour la mesure du courant et de la tension réduit fortement le degré d'erreur global sur les mesures. Dans les autres cas, matériel différent, veiller à placer l'appareil ayant la résistance interne la plus faible pour la mesure du courant.



8. Les calculs d'erreur sur les mesures

8.1. Les types d'erreurs

Quelle que soit l'habileté, de l'opérateur, le soin apporté lors de la manipulation, la précision de l'appareil, les erreurs sont toujours présentes.

La mesure d'une grandeur donne donc une valeur approchée (V_m) de la valeur exacte (V_e) de cette grandeur.

Ne connaissant pas cette valeur exacte, on exprime le résultat d'une mesure dans un intervalle de confiance appelé ERREUR DE MESURE.

Les erreurs peuvent être classées comme suit :

- Les erreurs systématiques ayant pour causes :
 - Le choix de la méthode de mesures (montage amont ou aval)
 - L'opérateur (mauvais positionnement, mauvaise appréciation,...)
 - L'appareil de mesures (précision, étalonnage, réglage du zéro, ...)

Ces erreurs donnent systématiquement une valeur erronée de même sens (par excès ou par défaut)

- Les erreurs accidentelles pouvant provenir de :
 - L'opérateur (erreur de calibre, d'échelle, ...)
 - L'appareil (champs magnétiques extérieurs, problèmes de température, d'humidité, ...)
 - Du montage (mauvais contacts, courant de fuite fugitif, ...)

8.2. Définitions

Le problème se pose de calculer l'erreur sur le résultat de la mesure et d'exprimer cette erreur connaissant les causes d'erreurs qui affectent la mesure.

Ainsi donc, l'erreur pourra être exprimée sous forme de notation absolue (Ex : $V_e - E_r < V_e < V_e + E_r$) ou de notation relative (Ex V_e à Δe_r % près).

Les erreurs que nous sommes en mesure de quantifier sont les erreurs de lecture et les erreurs de calibre. Pour les autres erreurs, il faut habituellement se référer à des tableaux de références basés sur l'expérience.



8.3. Notation des erreurs

8.3.1. Erreur absolue

C'est l'écart entre la valeur mesurée (V_m) et la valeur exacte (V_e).

$$\text{Erreur absolue} = \Delta V = V_m - V_e$$

Elle s'exprime dans les mêmes unités que la grandeur mesurée.

Elle est déterminée à partir des indications fournies par les constructeurs des appareils de mesures. (Précision et classe de l'appareil entre autre)

Connaissant l'erreur absolue, on peut dire que la valeur exacte est comprise dans l'intervalle suivant :

$$V_m - \Delta V < V_e < V_m + \Delta V$$

8.3.2. Erreur relative

C'est le quotient de l'erreur absolue sur la valeur exacte.

Comme on ne connaît jamais la valeur exacte, on définira l'erreur relative comme étant le rapport entre l'erreur absolue et la valeur mesurée.

C'est un nombre sans dimensions qui s'exprime en %

$$\text{Erreur relative} = \frac{\Delta V}{V_m} \times 100$$

8.3.3. Exemples

1) On mesure la longueur d'une planche avec un mètre ruban dont la précision est de 1mm. (précision déterminée par la valeur d'une graduation du mètre)

Soit : $V_m = 0,5\text{m}$ à 1mm près

Notation absolue : $L = 0,5\text{m} \pm 1\text{mm}$

Erreur relative vaut : $\frac{\Delta L}{L} \times 100 = \frac{1}{500} \times 100 = 0,2\%$

Notation relative : $L = 0,5\text{m}$ à 0,2% près



2) On mesure la longueur d'un atelier avec un décimètre dont la précision est de 10cm. (précision déterminée par la valeur d'une graduation du décimètre)

Soit : $V_m = 102m$ à 10cm près

Notation erreur absolue : $L = 102m \pm 10cm$

$$\frac{\Delta L}{L} \times 100 = \frac{0,1}{102} \times 100 = 0,0098\% \approx 0,01\%$$

Notation erreur relative : $L = 102m$ à 0,01% près

8.4. Règles de calcul

8.4.1. La somme

Soit à réaliser le calcul de l'erreur absolue et relative de l'expression suivante.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

On a : $\Delta R_{eq} = \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3$

L'erreur relative vaut : $\frac{\Delta R_{eq}}{R_{eq}} = \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3}$

8.4.1.1. Exemple :

Soit réaliser la recherche de la résistance équivalente de deux résistances placées en série. La première donne une valeur mesurée de 126 ohms et une erreur de 2 ohms tandis que la seconde donne une valeur mesurée de 387 ohms et une erreur de 4 ohms. Que vaut l'erreur sur la résistance équivalente et donne les deux notations ?

$$R_{eq} = R_1 + R_2 = 126 + 387 = 513 \text{ ohms}$$

$$\frac{\Delta R_{eq}}{R_{eq}} = \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} = \frac{2}{126} + \frac{4}{387}$$

$$\Delta R_{eq} = 513 \times \left(\frac{2}{126} + \frac{4}{387} \right) = 13,45 \text{ ohms}$$

Notation absolue : $R_{eq} = 513 \text{ ohms} \pm 13,45 \text{ ohms}$

Erreur relative vaut : $\frac{\Delta R_{eq}}{R_{eq}} \times 100 = \frac{13,45}{513} \times 100 = 2,62$

Notation relative : $R_{eq} = 513 \text{ ohms}$ à 2,62% près



8.4.2. La différence

Soit à réaliser le calcul de l'erreur absolue et relative de l'expression suivante.

$$P_T = P_1 - P_2$$

On a: $\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2$

L'erreur relative vaut : $\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta P_1}{P_1} + \frac{\Delta P_2}{P_2}$

8.4.2.1. Exemple :

Soit réaliser la recherche de la valeur de la puissance active totale d'un récepteur triphasé dont la mesure a été réalisée par la méthode des deux wattmètres. Lors de la manipulation, un des wattmètres a dévié en sens inverse et nous devons donc comptabiliser sa lecture comme étant négative. Le wattmètre 1 donne une lecture de 1357 watts et une erreur de 56 watts. Le wattmètre 2 donne une lecture de 452 watts et une erreur de 32 watts. Que vaut l'erreur sur la puissance totale et donne les deux notations ?

$$P_t = P_1 - P_2 = 1357 - 452 = 905 \text{ watts}$$

$$\frac{\Delta P_t}{P_t} = \frac{\Delta P_t}{905} = \frac{56}{1357} + \frac{32}{452}$$

$$\Delta P_t = 905 \times \left(\frac{56}{1357} + \frac{32}{452} \right) = 101,42 \text{ watts}$$

Notation absolue : $P_t = 905 \text{ watts } \pm 101,42 \text{ watts}$

$$\frac{\Delta P_t}{P_t} * 100 = \frac{101,42}{905} * 100 = 11,2$$

Notation relative : $P_t = 905 \text{ watts à } 11,2\% \text{ près}$

8.4.3. Le produit

Soit à réaliser le calcul de l'erreur absolue et relative de l'expression suivante.

$$U = R \times I$$

On a: $\Delta U = \Delta R + \Delta I$

L'erreur relative vaut : $\frac{\Delta U}{U} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta I}{I}$

**8.4.3.1. Exemple :**

Soit déterminer la valeur de la tension aux bornes d'un récepteur en application direct de la loi d'ohm, Une mesure de la résistance nous a donné 158 ohms pour une erreur de 12 ohms alors que la mesure du courant nous a donné 0,2A pour une erreur de 0,05A . Que vaut l'erreur sur la tension et donne les deux notations ?

$$U = R * I = 158 * 0,2 = 31,6 \text{ volts}$$

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta I}{I} = \frac{12}{158} + \frac{0,05}{0,2}$$

$$\Delta U = 31,6 \times \left(\frac{12}{158} + \frac{0,05}{0,2} \right) = 10,3 \text{ volts}$$

Notation absolue : $U = 31,6 \text{ volts } \pm 10,3 \text{ volts}$

$$\frac{\Delta U}{U} * 100 = \frac{10,3}{31,6} * 100 = 32,59$$

Notation relative : $U = 31,6 \text{ volts } \pm 32,59\% \text{ près}$

Remarque : Ce niveau d'erreur est inacceptable et doit inviter à refaire les mesures.

8.4.4. Le produit d'un carré

Soit à réaliser le calcul de l'erreur absolue et relative de l'expression suivante.

$$P = R \times I^2 = R \times I \times I$$

On a: $\Delta P = \Delta R + \Delta I + \Delta I = \Delta R + (2 \times \Delta I)$

L'erreur relative vaut : $\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta R}{R} + (2 \times \frac{\Delta I}{I})$

**8.4.4.1. Exemple :**

Soit déterminer la valeur de la puissance d'une résistance électrique de 200 ohms parcourue par un courant de 35mA. L'erreur sur la mesure de la résistance est de 2 ohms et sur l'erreur sur la mesure du courant de 0,1 mA. Que vaut l'erreur sur la puissance dissipée et donne les deux notations ?

$$P = R * I^2 = 200 * 0,035^2 = 0,245 \text{ watt}$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta R}{R} = \frac{2}{200} + \left(2 * \frac{0,0001}{0,035} \right)$$

$$\Delta P = 0,245 \times \left(\frac{2}{200} + \left(2 * \frac{0,0001}{0,035} \right) \right) = 0,00385 \text{ watt}$$

Notation absolue : $U = 0,245 \text{ watt } +/- 0,00385 \text{ watt}$

$$\frac{\Delta P}{P} * 100 = \frac{0,00385}{0,245} * 100 = 1,57$$

Notation relative : $U = 0,245 \text{ watt à } 1,57\% \text{ près}$

8.4.5. Le quotient

Soit à réaliser le calcul de l'erreur absolue et relative de l'expression suivante.

$$I = \frac{U}{R}$$

On a: $\Delta I = \Delta U + \Delta R$

L'erreur relative vaut : $\frac{\Delta I}{I} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta R}{R}$

8.4.5.1. Exemple :

Soit à déterminer la valeur du courant traversant une lampe de poche dont la mesure de la résistance a donné 1,5 ohms pour une erreur de 0,005 ohm et alimenté via une pile de 4,5 V dont l'erreur est de 0,8V. Que vaut l'erreur sur le courant et donne les deux notations ?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{4,5}{1,5} = 3A$$

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{\Delta U}{U} = \frac{0,8}{4,5} + \frac{0,005}{1,5}$$



$$\Delta I = 3 * \left(\frac{0,8}{4,5} + \frac{0,005}{1,5} \right) = 0,54 \text{ A}$$

Notation absolue : $I = 3 \text{ A} \pm 0,54 \text{ A}$

$$\frac{\Delta I}{I} * 100 = \frac{0,54}{3} * 100 = 18$$

Notation relative : $I = 3 \text{ A} \text{ à } 18\% \text{ près}$

8.4.6. Un mixte produit-quotient

Soit à réaliser le calcul de l'erreur absolue et relative de l'expression suivante.

$$\cos \varphi = \frac{P}{I \times U}$$

On a : $\Delta \cos \varphi = \Delta P + \Delta I + \Delta U$

L'erreur relative vaut : $\frac{\Delta \cos \varphi}{\cos \varphi} = \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U}$

8.4.6.1. Exemple :

Soit à déterminer le facteur de puissance d'un moteur électrique monophasé. La mesure de la puissance a donné 736 watts et une erreur de 10 watts, la mesure de la tension a donné 235 volts et une erreur de 5 volts et la mesure du courant a donné 3,5 A et une erreur de 0,01 A. Que vaut l'erreur sur le facteur de puissance et donne les deux notations.

$$\cos \varphi = \frac{P}{I \times U} = \frac{736}{3,5 \times 235} = 0,895$$

$$\frac{\Delta \cos \varphi}{\cos \varphi} = \frac{\Delta \cos \varphi}{0,895} = \frac{10}{736} + \frac{0,01}{3,5} + \frac{5}{235}$$

$$\Delta \cos \varphi = 0,895 \times \left(\frac{10}{736} + \frac{0,01}{3,5} + \frac{5}{235} \right) = 0,034$$

Notation absolue : $\cos \varphi = 0,895 \pm 0,034$

$$\frac{\Delta \cos \varphi}{\cos \varphi} * 100 = \frac{0,034}{0,895} * 100 = 3,8$$

Notation relative : $\cos \varphi = 0,895 \text{ à } 3,8\% \text{ près}$



8.4.7. La racine carrée

Soit à réaliser le calcul de l'erreur absolue et relative de l'expression suivante.

$$U = \sqrt{P \times R} \quad \text{Posons que } X = P \times R \quad X = \sqrt{X}$$

$$\text{On a : } \Delta U = \frac{1}{2} \Delta X \quad \text{avec } \Delta X = \Delta P + \Delta R$$

$$\text{L'erreur relative vaut : } \frac{\Delta U}{U} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta R}{R} \right)$$

8.5. Applications aux appareils analogiques

L'erreur absolue est, bien souvent, la somme de trois termes :

- **l'erreur de calibre** : due à la précision de l'appareil de mesures et est notée : ΔV_C
- **l'erreur de lecture** : due à l'appréciation de l'opérateur et est notée : ΔV_1
- **l'erreur de méthode** : due à la méthode utilisée pour effectuer la mesure et est notée : ΔV_M

Soit une mesure d'une tension avec un voltmètre de classe 0,5 et comportant les calibres suivants : 30 et 75V.

L'échelle comporte 150 graduations et la lecture s'effectue avec une précision de 0,5 graduation près.

Une différence de potentiel inférieure à 30V est mesurée chaque fois sur les deux calibres.

On prendra comme hypothèse qu'il n'y a pas d'erreur de méthode ($\Delta V_M = 0$)

1^{er} cas avec un calibre de 30V

$$\text{On lit 148 divisions, d'où } U = \text{calibre} \times \left(\frac{\text{Nbgradmesure}}{\text{Nbgradmax}} \right) = 30 \times \left(\frac{148}{150} \right) = 29,6V$$

$$\text{Erreur de calibre : } \Delta V_C = \text{calibre} \times \left(\frac{\text{classe}}{100} \right) = 30 \times \left(\frac{0,5}{100} \right) = 0,15V$$

$$\text{Erreur de lecture : } \Delta V_1 = \text{calibre} \times \left(\frac{\text{précision}}{\text{Nbgradmax}} \right) = 30 \times \frac{0,5}{150} = 0,1V$$

$$\Delta V = \text{Er de calibre} + \text{Er de lecture} = \Delta V_C + \Delta V_1 = 0,25V$$

Notation absolue : $U = 29,6V \pm 0,25V$

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{0,25}{29,6} \times 100 = 0,8\%$$



Notation relative : $U = 29,6V$ à 0,8% près

2^{ème} cas avec un calibre de 75V

On lit 59,5 divisions, d'où $U = \frac{75 \times 59,5}{150} = 29,75V$

Erreur de calibre : $\Delta V_C = 75 \times \frac{0,5}{100} = 0,375V$

Erreur de lecture : $\Delta V_1 = 75 \times \frac{0,5}{150} = 0,25V$

$$\Delta V = \Delta V_C + \Delta V_1 = 0,625V$$

Notation absolue : $U = 29,75V \pm 0,625V$

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{0,625}{29,75} \times 100 = 2,1\%$$

Notation relative : $U = 29,75V$ à 2,1% près

8.5.1. En conclusion

On constate que, dans le cas d'un appareil analogique, il faut choisir le calibre donnant la plus grande déviation afin d'obtenir la mesure la plus précise.

8.6. Application aux appareils numériques

Dans ce cas, il faut connaître :

- **Le nombre de pas de l'appareil** : c'est le nombre de digit que l'appareil peut afficher et qui en fonction du calibre, définit la précision de la mesure à « x » chiffre derrière la virgule.
- **La valeur du digit ou pas de quantification ou résolution** : c'est la plus petite valeur différente de zéro que l'appareil peut détecter pour un calibre donné. Cette résolution varie en fonction du calibre choisi et lui est propre.



Soit à mesurer successivement une tension de 20mV et une autre de 190mV avec un appareil numérique ayant les caractéristiques suivantes :

- Calibre choisi : 200mV
- Précision : +/- (0,3% V_m + 1d) avec :
 V_m = valeur mesurée
1d = 1 digit = 0,1mV (voir caractéristiques)

1^{er} cas mesure d'une valeur de 20mV

Erreur de calibre : $\Delta V_C = 1 * 0,1mV = 0,1mV$

Erreur de lecture : $\Delta V_1 = mesure * (\frac{précision/V_m}{100}) = 20 * \frac{0,3}{100} = 0,06mV$

$\Delta V = \Delta V_C + \Delta V_1 = 0,06 + 0,1 = 0,16mV$

Notation absolue : $U = 20mV \pm 0,16mV$

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{0,16}{20} * 100 = 0,8\%$$

Notation relative : $U = 20mV \pm 0,8\%$ près

2^{ème} cas mesure d'une valeur de 190mV

Erreur de calibre : $\Delta V_C = Nb \text{ de digit} * \text{précision du digit} = 1d = 0,1mV$

Erreur de lecture : $\Delta V_1 = 190 * \frac{0,3}{100} = 0,57mV$

$\Delta V = \Delta V_C + \Delta V_1 = 0,57 + 0,1 = 0,67mV$

Notation absolue : $U = 190mV \pm 0,67mV$

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{0,67}{190} * 100 = 0,35\%$$

Notation relative : $U = 190mV \pm 0,35\%$ près

8.6.1. En conclusion

On constate que, dans le cas d'un appareil numérique, il faut choisir le calibre donnant le plus grand nombre de digits afin d'obtenir la mesure la plus précise.

8.7. Tableaux des caractéristiques des appareils de mesure du collège



Multimètre WAVETEK 2005

DC VOLTS

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Impédance d'entrée
400mV	0,5% de $V_m + 1$ d.	100 μ V	20M Ω
4V	0,5% de $V_m + 1$ d.	1mV	20M Ω
40V	0,5% de $V_m + 1$ d.	10mV	20M Ω
400V	0,5% de $V_m + 1$ d.	100mV	20M Ω
1000V	0,5% de $V_m + 1$ d.	1V	20M Ω

AC VOLTS

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Impédance d'entrée
400mV	1,2% de $V_m + 3$ d.	100 μ V	20M Ω
4V	1,2% de $V_m + 3$ d.	1mV	20M Ω
40V	1,2% de $V_m + 3$ d.	10mV	20M Ω
400V	1,2% de $V_m + 3$ d.	100mV	20M Ω
750V	1,5% de $V_m + 3$ d.	1V	20M Ω

DC CURRENT

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Tension limite
4mA	1% de $V_m + 1$ d.	1 μ A	600mV
40mA	1% de $V_m + 1$ d.	10 μ A	600mV
400mA	1% de $V_m + 1$ d.	100 μ A	600mV
20A	2% de $V_m + 3$ d.	10mA	900mV

AC CURRENT

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Tension limite
4mA	1,5% de $V_m + 4$ d.	1 μ A	600mV
40mA	1,5% de $V_m + 4$ d.	10 μ A	600mV
400mA	1,5% de $V_m + 4$ d.	100 μ A	600mV
20A	2,5% de $V_m + 4$ d.	10mA	900mV

RESISTANCE

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Tension circuit entrée
400 Ω	1% de $V_m + 4$ d.	0,1 Ω	3,45 Vdc
4K Ω	0,75% de $V_m + 4$ d.	1 Ω	0,6 Vdc
40K Ω	0,75% de $V_m + 4$ d.	10 Ω	0,6 Vdc
400K Ω	0,75% de $V_m + 4$ d.	100 Ω	0,6 Vdc
4M Ω	0,75% de $V_m + 4$ d.	1K Ω	0,6 Vdc
40M Ω	1,5% de $V_m + 4$ d.	10K Ω	0,6 Vdc



Multimètre FINEST 201

DC VOLTS

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Impédance d'entrée
200mV	0,5% de $V_m + 1$ d.	100 μ V	10M Ω
2V	0,5% de $V_m + 1$ d.	1mV	10M Ω
20V	0,5% de $V_m + 1$ d.	10mV	10M Ω
200V	0,5% de $V_m + 1$ d.	100mV	10M Ω
1000V	0,5% de $V_m + 1$ d.	1V	10M Ω

AC VOLTS

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Impédance d'entrée
200mV	1,2% de $V_m + 3$ d.	100 μ V	10M Ω
2V	0,8% de $V_m + 3$ d.	1mV	10M Ω
20V	0,8% de $V_m + 3$ d.	10mV	10M Ω
200V	0,8% de $V_m + 3$ d.	100mV	10M Ω
700V	1,5% de $V_m + 3$ d.	1V	10M Ω

DC CURRENT

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Tension limite
200 μ A	0,5% de $V_m + 3$ d.	0,1 μ A	200mV
2mA	0,5% de $V_m + 3$ d.	1 μ A	200mV
20mA	0,5% de $V_m + 3$ d.	10 μ A	200mV
200mA	1,2% de $V_m + 1$ d.	100 μ A	200mV
2A	1,8% de $V_m + 1$ d.	1mA	200mV
10A	2% de $V_m + 5$ d.	10mA	200mV

AC CURRENT

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Tension limite
200 μ A	1% de $V_m + 3$ d.	0,1 μ A	200mV
2mA	1% de $V_m + 3$ d.	1 μ A	200mV
20mA	1% de $V_m + 3$ d.	10 μ A	200mV
200mA	1,8% de $V_m + 3$ d.	100 μ A	200mV
2A	1,8% de $V_m + 3$ d.	1mA	200mV
10A	3% de $V_m + 7$ d.	10mA	200mV

RESISTANCE

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Tension circuit entrée
200 Ω	0,5% de $V_m + 3$ d.	0,1 Ω	0,7 Vdc
2K Ω	0,5% de $V_m + 1$ d.	1 Ω	0,7 Vdc
20K Ω	0,5% de $V_m + 1$ d.	10 Ω	0,7 Vdc
200K Ω	0,5% de $V_m + 1$ d.	100 Ω	0,7 Vdc
2M Ω	0,5% de $V_m + 1$ d.	1K Ω	0,7 Vdc
20M Ω	1% de $V_m + 2$ d.	10K Ω	0,7 Vdc



Multimètre BBC M2030

DC VOLTS

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Impédance d'entrée
200mV	0,1% de $V_m + 1$ d.	100 μ V	10M Ω
2V	0,1% de $V_m + 1$ d.	1mV	10M Ω
20V	0,1% de $V_m + 1$ d.	10mV	10M Ω
200V	0,1% de $V_m + 1$ d.	100mV	10M Ω
650V	0,1% de $V_m + 1$ d.	1V	10M Ω

AC VOLTS

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Impédance d'entrée
200mV	0,5% de $V_m + 3$ d.	100 μ V	10M Ω
2V	0,5% de $V_m + 3$ d.	1mV	10M Ω
20V	0,5% de $V_m + 3$ d.	10mV	10M Ω
200V	0,5% de $V_m + 3$ d.	100mV	10M Ω
700V	0,5% de $V_m + 3$ d.	1V	10M Ω

DC CURRENT

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Tension limite
2mA	0,5% de $V_m + 1$ d.	1 μ A	200mV
20mA	0,5% de $V_m + 1$ d.	10 μ A	200mV
200mA	0,5% de $V_m + 1$ d.	100 μ A	200mV
2A	0,5% de $V_m + 1$ d.	1mA	200mV
10A	0,5% de $V_m + 1$ d.	10mA	200mV

AC CURRENT

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Tension limite
2mA	1% de $V_m + 3$ d.	1 μ A	200mV
20mA	1% de $V_m + 3$ d.	10 μ A	200mV
200mA	1% de $V_m + 3$ d.	100 μ A	200mV
2A	1% de $V_m + 3$ d.	1mA	200mV
10A	1% de $V_m + 3$ d.	10mA	200mV

RESISTANCE

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Tension circuit entrée
2K Ω	0,35% de $V_m + 1$ d.	1 Ω	2,3 Vdc
20K Ω	0,35% de $V_m + 1$ d.	10 Ω	2,3 Vdc
200K Ω	0,35% de $V_m + 1$ d.	100 Ω	2,3 Vdc
2M Ω	0,35% de $V_m + 1$ d.	1K Ω	2,3 Vdc
20M Ω	2% de $V_m + 2$ d.	10K Ω	2,3 Vdc



Multimètre VELLEMAN DVM68

DC VOLTS

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Impédance d'entrée
300mV	0,5% de $V_m + 1$ d.	100 μ V	10M Ω
3V	0,5% de $V_m + 1$ d.	1mV	10M Ω
30V	0,5% de $V_m + 1$ d.	10mV	10M Ω
300V	0,5% de $V_m + 1$ d.	100mV	10M Ω
1000V	0,5% de $V_m + 1$ d.	1V	10M Ω

AC VOLTS

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Impédance d'entrée
3V	0,8% de $V_m + 3$ d.	1mV	10M Ω
30V	0,8% de $V_m + 3$ d.	10mV	10M Ω
300V	0,8% de $V_m + 3$ d.	100mV	10M Ω
700V	1,2% de $V_m + 3$ d.	1V	10M Ω

DC CURRENT

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Tension limite
300 μ A	0,5% de $V_m + 1$ d.	0,1 μ A	200mV
3mA	0,5% de $V_m + 1$ d.	1 μ A	200mV
30mA	0,5% de $V_m + 1$ d.	10 μ A	200mV
300mA	1,2% de $V_m + 1$ d.	100 μ A	200mV
10A	2% de $V_m + 5$ d.	10mA	200mV

AC CURRENT

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Tension limite
300 μ A	1% de $V_m + 3$ d.	1 μ A	200mV
3mA	1% de $V_m + 3$ d.	10 μ A	200mV
30mA	1% de $V_m + 3$ d.	100 μ A	200mV
300mA	1,8% de $V_m + 3$ d.	1mA	200mV
10A	3% de $V_m + 7$ d.	10mA	200mV

RESISTANCE

Calibre	Précision	Résolution d'un digit	Tension circuit entrée
300 Ω	0,5% de $V_m + 3$ d.	0,1 Ω	0,7 Vdc
3K Ω	0,5% de $V_m + 1$ d.	1 Ω	0,7 Vdc
30K Ω	0,5% de $V_m + 1$ d.	10 Ω	0,7 Vdc
300K Ω	0,5% de $V_m + 1$ d.	100 Ω	0,7 Vdc
2M Ω	0,5% de $V_m + 1$ d.	1K Ω	0,7 Vdc



8.8. SAF 9-2-2-1

8.8.1. Les appareils analogiques.

1) Je réalise la mesure d'une tension à l'aide d'un appareil de mesure type analogique et j'obtiens les résultats suivant :

- Soit une classe de 0,5
- Le calibre de mesure était de 200V
- L'échelle comporte 120 graduations
- 98 graduations de lecture.
- La lecture s'effectue à 0,5 graduation près.
- L'erreur de méthode $\Delta V_M = 0$

Calculer sous les deux formes, la valeur de la tension mesurée.

2) Je réalise la mesure d'un courant électrique à l'aide d'un appareil de mesure type analogique et j'obtiens les résultats suivant :

- Soit une classe de 1
- Le calibre de mesure était de 2A
- L'échelle comporte 150 divisions
- 118 divisions de lecture.
- La lecture s'effectue à 0,5 divisions près.
- L'erreur de méthode $\Delta V_M = 0$

Calculer sous les deux formes, la valeur du courant mesuré.

8.8.2. Les appareils numériques.

3) Je réalise la mesure d'un courant à l'aide d'un appareil de mesure type numérique et j'obtiens les résultats suivant :

- Résolution d'un digit: 1mA
- Calibre : 100mA
- Précision : $(1,2\% V_m + 3d)$
- Lecture : 0,056A

Calculer sous les deux formes, la valeur de la tension mesurée.

4) Je réalise la mesure d'une résistance à l'aide d'un appareil de mesure type numérique et j'obtiens les résultats suivant :

- Résolution d'un digit: 1Ω
- Calibre : $3K\Omega$
- Précision : $(0,5\% V_m + 1d)$
- Lecture : 2654Ω

Calculer sous les deux formes, la valeur de la résistance mesurée.



8.9. SIF 10-2-2-1

1) Lors d'un laboratoire, un circuit est formé de trois résistances en série, en voici les valeurs :

- $R1 = 47 \text{ ohms à } 5\%$
- $R2 = 33 \text{ ohms à } 3\%$
- $R3 = 22 \text{ ohms à } 2\%$

Déterminer la valeur de la résistance équivalente et calculer l'erreur relative de cette valeur.(1)

2) Une mesure à l'aide d'un ampèremètre analogique me permet de trouver le courant total.

- Une classe de 1.5
- Calibre de mesure 200mA
- L'échelle comporte 50 graduations
- 41 graduations de lecture
- précision de l'échelle à 1 graduation près

Déterminer la valeur du courant électrique et calculer l'erreur absolue de cette valeur.

3) Une mesure de la tension du générateur, branché sur le circuit, à l'aide d'un appareil numérique donne :

- Résolution d'un digit : 10mV
- Calibre : 30V
- Précision : $(0.8\% V_m + 3d)$
- Lecture : 17V

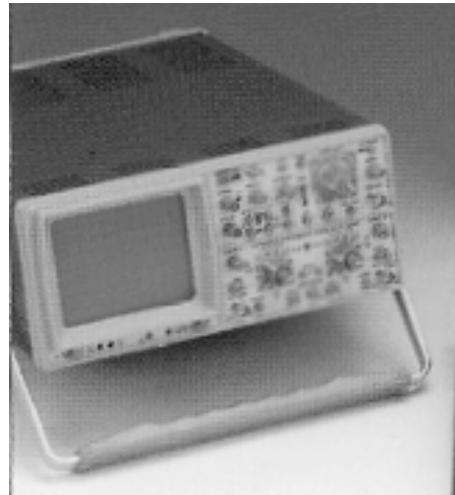
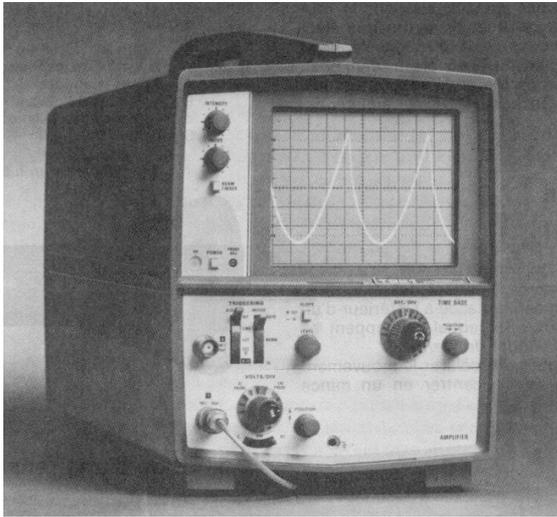
Déterminer la valeur de la tension électrique et calculer l'erreur absolue de cette valeur.

4) Déterminer la valeur de la puissance calorifique dissipée par le circuit et calculer l'erreur absolue de cette valeur.

5) Réaliser au départ des mesures de I(2) et de U(3) la recherche de R_{eq} et en déduire l'erreur relative.

6) Comparer les informations obtenues par les deux calculs [(1) et (5)] de R_{eq} et tirer les conclusions. Quel calcul offre l'erreur la plus faible ?

9. L'oscilloscope



Cet appareil permet la visualisation réelle du signal mesuré. Il s'agira donc de visualiser une sinusoïde avec son amplitude et sa période pour un signal alternatif sinusoïdale ou de visualiser une droite avec son amplitude pour un signal continu.

Certain appareil on ainsi la possibilité de visualiser sur un écran deux signaux distincts afin de permettre une comparaison. L'illustration ci-dessus à gauche montre un oscilloscope possédant un seul canal. Celui de droite par contre possède lui deux canaux. Les signaux peuvent sur ce dernier être vu chacun indépendamment, de façon simultanée ou encore le visualiser la somme des deux signaux.

9.1. Constitution.

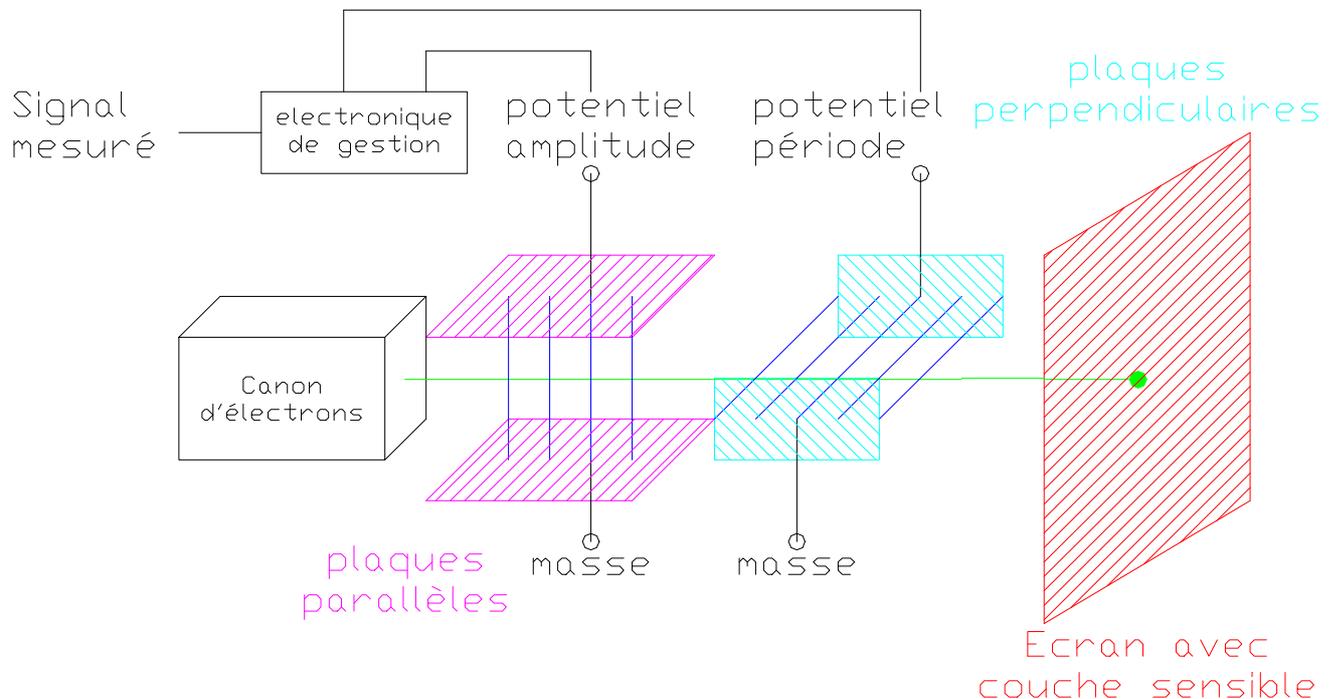
Un oscilloscope est constitué d'une série d'éléments devant ensemble garantir l'affichage d'une trace devant représenter le signal à mesurer. Le principe sans rentrer dans de grande théorie est de projeter des électrons à grande vitesse sur un écran recouvert d'une couche sensible qui permettra de visualiser l'impact de ces derniers.

L'appareil est avant tout composé d'un canon à électron qui va produire à une cadence donnée un flux d'électron. Ce dernier va ensuite traverser une zone plus ou moins longue avant de venir percuter l'écran. Afin de dévier les électrons et ainsi modifier leur point d'impact sur l'écran nous allons placer deux jeux de plaques, l'un parallèle au bas de l'écran et l'autre perpendiculaire au bas de l'écran. Nous appliquerons sur ces plaques un potentiel qui permettra de créer un champ magnétique qui déviera la course des électrons. Nous aurons donc derrière ces composants toute une électronique qui au départ du signal mesuré réalisera une analyse qui aboutira à la création des potentiels appliqués sur les plaques.

Je peux donc déduire que le potentiel appliqué sur les plaques parallèles sera l'image de l'amplitude du signal et le potentiel appliqué sur les plaques perpendiculaires sera l'image de la période du signal.

L'électronique devra également gérer le rafraîchissement du signal sur l'écran et donc permettre un recommencement perpétuel de la trace sur l'écran.

Le dessin ci-dessous tente d'illustrer au mieux le fonctionnement.



9.2. Branchement et réglages

Il existe deux méthodes pour raccorder un oscilloscope, soit-on utilise des sondes soit-on utilise un adaptateur et des cordons munis de fiches bananes.

Les sondes sont en fait des cordons blindés se terminant à une extrémité par une fiche BNC femelle et à l'autre extrémité par une sonde de mesures et une pince de masse.

Un oscilloscope se branche toujours en parallèle sur l'élément. Nous réalisons donc une mesure de tension avec un oscilloscope. Vous pouvez toutefois mesurer un courant en prenant une résistance calibrée aux bornes de laquelle vous brancherez l'oscilloscope. Le signal que vous visualiserez sur l'écran sera l'image du courant moyennant pour l'amplitude l'application d'un facteur dépendant de la résistance calibrée.

L'oscilloscope est donc un appareil de mesure très souple car le circuit ne doit jamais être ouvert. Les prises de mesure sont donc rapide.

Si l'utilisation est simple, les réglages sont par contre beaucoup plus nombreux que sur un multimètre.

Noter qu'un oscilloscope est polarisé et que vous devez respecter les polarités.



- **Bouton luminosité** : ce potentiomètre permet de réguler la quantité d'électrons qui doit sortir du canon d'électrons. Il permet donc d'augmenter le flux d'électrons et ainsi de rendre la trace plus lumineuse à l'écran.
- **Bouton focus** : ce potentiomètre permet d'affiner l'épaisseur de la trace à l'écran. En quelque sorte, concentré le faisceau d'électron pour augmenter la précision de la trace.
- **Bouton réglage horizontal** : ce potentiomètre permet de définir le premier point de la trace sur la gauche de l'écran. Il sert en quelque sorte à définir le point d'origine de la trace sur l'axe des abscisses. Cette fonction est intéressante pour positionner une trace sur les échelles de lecture de l'écran.
- **Bouton de réglage vertical** : ce potentiomètre permet de définir le point milieu ou encore la valeur zéro de la trace sur l'écran. Cette fonction permet par exemple de positionner une sinusoïde sur les échelles de lecture de l'écran et se de façon symétrique par rapport à l'axe des abscisses. Noter encore que lors de la mise en marche de l'oscilloscope, une trace horizontale d'amplitude nulle doit être visualisée. Elle doit vous permettre de réaliser le réglage du référentiel du signal amplitude appliqué aux plaques parallèles. Noter que ce réglage doit être réalisé probe déconnecté et sélecteur sur GND.
- **Bouton ajustement** : comme nous l'avons cité ci-dessus, il existe toujours une trace sur l'écran de l'oscilloscope même ce dernier déconnecté. Cette trace est une droite horizontale qui peut avoir une certaine inclinaison, le potentiomètre permettra de régler cette droite pour quelle soit tout à fait horizontale. Nous avons vu que le faisceau d'électrons était dévié par la génération d'un champ magnétique, il est donc possible que l'oscilloscope soit perturbé par des champs magnétiques présent dans le local. Il peut ainsi s'agir de la présence d'un autre appareil de mesure, d'une alimentation, d'un transformateur ou de tout autre aimant ou électro-aimant. L'ajustement est donc un réglage à faire lors de chaque déplacement de l'appareil.
- **Sélecteur de signal** : ce commutateur vous permet de sélectionner le type de signal à visualiser. Signal alternatif AC, signal continu DC. Une troisième position nommée GND permet de visualiser s'il n'y a pas de tension parasite. Cette position permet ainsi de vérifier que votre trace est toujours bien étalonnée.
- **Sélecteur de canal** : ce dernier existe sur les appareils possédant deux canaux. Vous pouvez ainsi sélectionner l'un et/ou l'autre canal (CH1 ou CH2) ou encore visualiser la sommation de ces deux signaux. Précisons encore que les masses des deux canaux doivent être absolument au même potentiel pour obtenir des signaux corrects.
- **Sélecteur d'amplitude** : comme pour les autres appareils de mesure, un oscilloscope possède des gammes de lecture et notamment une gamme de lecture pour l'amplitude. Avec ce sélecteur vous allez donc appliquer un facteur sur l'amplitude du signal et ainsi diminuer ou accroître la trace à l'écran. Ce sélecteur vous permettra de maintenir la trace du signal sur l'écran sans débordement. L'indication que porte le sélecteur est VOLTS/DIV.



- **Sélecteur de base de temps** : comme nous avons pu modifier l'amplitude du signal, nous allons pouvoir aussi modifier la période de la trace sur l'écran. Cette fonction est utile pour permettre de visualiser à l'écran une période complète d'un signal et en permettre ainsi l'analyse. L'indication que porte le sélecteur est TIME/DIV.

Précisons encore qu'un oscilloscope a des limites dans son domaine de lecture, ainsi la fréquence du signal à mesurer devra se trouver dans une marge définie par une fréquence minimum et par une fréquence maximum. Il en sera de même pour l'amplitude ou l'oscilloscope sera capable d'afficher un signal d'amplitude maximum ou d'amplitude minimum. En dehors de ces marges, les lectures seront erronées et le réglage de l'appareil sera impossible.

Pour ce qui est de l'amplitude, on peut utiliser des sondes possédant une résistance shunt ce qui permettra de réduire selon un facteur 10 ou 100 le signal à mesurer afin d'injecter un signal d'amplitude que l'appareil pourra traiter. Après lecture de la mesure sur l'écran de l'oscilloscope, il faudra multiplier la valeur par le facteur 10 ou 100.

Pour réaliser le réglage d'un oscilloscope, il existe une méthode qui doit vous faire gagner du temps.

- Mise sous tension de l'appareil
- Mettre tous les potentiomètres en position médiane
- Mettre le sélecteur de signal sur GND
- Mettre tous les autres interrupteurs sur OFF (remonté)
- Mettre le commutateur signal sur line

Vous devez avoir une trace à l'écran.

- Régler l'intensité de la trace
- Régler le focus de la trace
- Régler la trace sur l'axe des abscisses
- Régler la trace pour la placer dans les limites gauche-droite de l'écran
- Régler le potentiomètre sur la tête du sélecteur TIME/DIV à fond et enclencher l'interrupteur
- Régler le potentiomètre sur la tête du sélecteur VOLTS/DIV à fond et enclencher l'interrupteur

Votre appareil est prêt pour des prises de mesures

- Sélectionner le type de signal à relever (AC ou DC)
- Ajuster le sélecteur VOLTS/DIV pour placer toute la trace sur la hauteur du cadran
- Ajuster le sélecteur TIME/DIV pour obtenir une période complète du signal sur la largeur du cadran

Vous êtes prêt pour la lecture

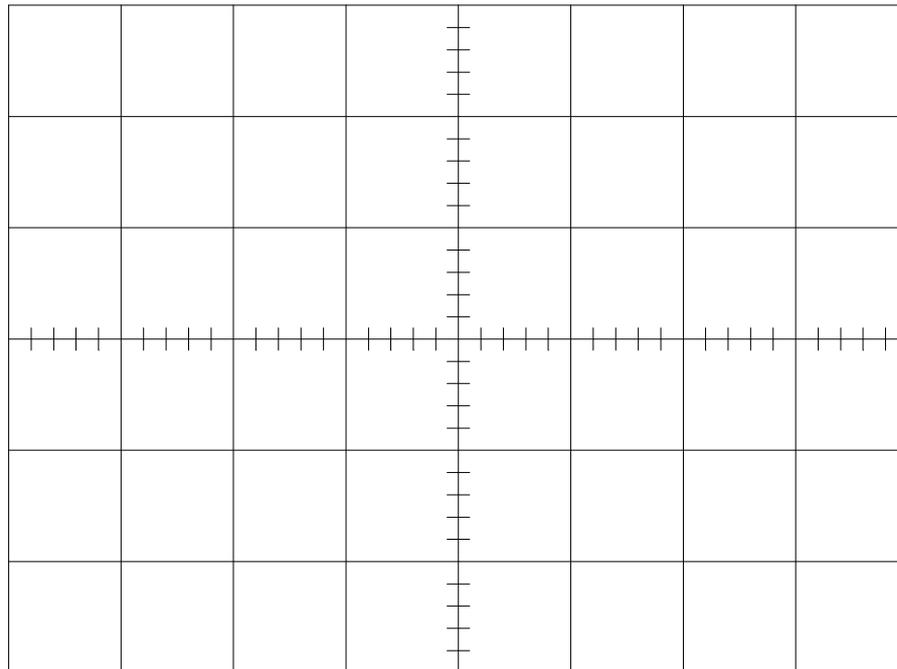
- Placer le sélecteur de signal sur GND afin de vérifier que la trace est toujours étalonnée. Si ce n'est plus le cas, ajuster la trace sur l'axe des abscisses
- Remettre le sélecteur sur le type de signal à relever (AC ou DC)
- Réaliser la lecture du nombre de graduation pour l'amplitude
- Réaliser la lecture du nombre de graduation pour la période



9.3. La lecture

Sur l'écran d'un oscilloscope, vous pouvez déterminer deux types de mesure, l'amplitude et la période.

Sur la représentation suivante d'un cadran d'oscilloscope, vous pouvez remarquer d'une échelle graduée, une horizontale pour le relevé de la période (abscisse) et une verticale pour le relevé de l'amplitude (ordonnée).



Comme on le remarque, l'écran de l'oscilloscope est divisé par un quadrillage. Chaque carré est lui-même décomposé en graduations. Un carré comprend, en règle générale, à 5 graduations.

9.3.1. Lecture de l'amplitude

Une fois la trace correctement réglée et centrée, vous pouvez réaliser la lecture de l'amplitude. Pour ce faire, vous allez utiliser le quadrillage de l'écran. Vous comptabilisez le nombre de graduations couvertes par la trace sur l'axe des ordonnées (vertical)

Il vous suffit alors d'appliquer la formule suivante pour déterminer la valeur réelle de l'amplitude du signal. En cas d'utilisation d'un probe, la valeur trouvée sera multipliée par le facteur du probe.

$$\text{Amplitude} = \text{Nb de grad vert.} * \left(\frac{\text{Valeur du calibre VOLTS/DIV}}{5} \right)$$



Voici une application présentée sous forme d'un tableau.
Soit un signal dont le calibre est de 2V et le nombre de graduations de 11.

Valeur du calibre Volt/div	Nombre de graduation	Lecture finale de l'amplitude en volt
2	11	$11 * (2/5) = 4,4V$

9.3.2. Lecture de la période

Une fois la trace correctement réglée et centrée, vous pouvez réaliser la lecture de la période. Pour ce faire, vous allez utiliser le quadrillage de l'écran. Vous comptabilisez le nombre de graduations couvertes par la trace sur l'axe des abscisses (horizontal)

Il vous suffit alors d'appliquer la formule suivante pour déterminer la valeur réelle de la période du signal. En cas d'utilisation d'un probe, la valeur trouvée reste exact. Rappelons que la période s'exprime en seconde.

$$\text{Période} = \text{Nb de grad horiz.} * \left(\frac{\text{Valeur du calibre TIME/DIV}}{5} \right)$$

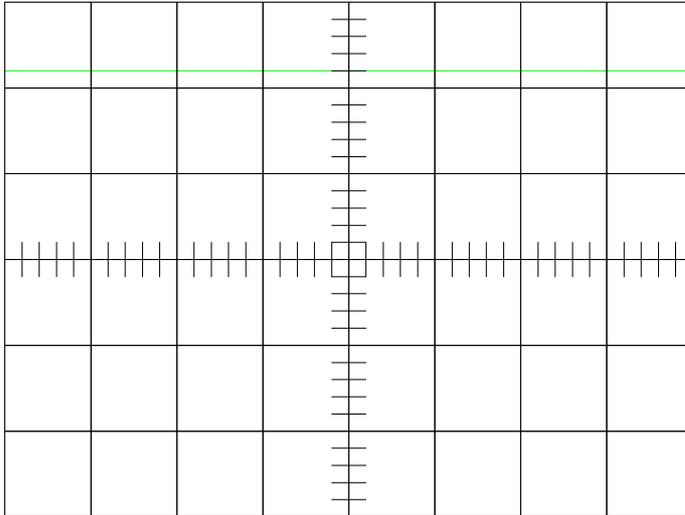
Voici une application présentée sous forme d'un tableau.
Soit un signal dont le calibre est de 50µs et le nombre de graduations de 26.

Valeur du calibre Time/div	Nombre de graduation	Lecture finale de la période en seconde
50µS	26	$26 * (50/5) = 260\mu s$



9.3.3. SAF 4-0-1-2

En te basant sur le cadran suivant comportant une trace, il est demandé de remplir le tableau en annexe.



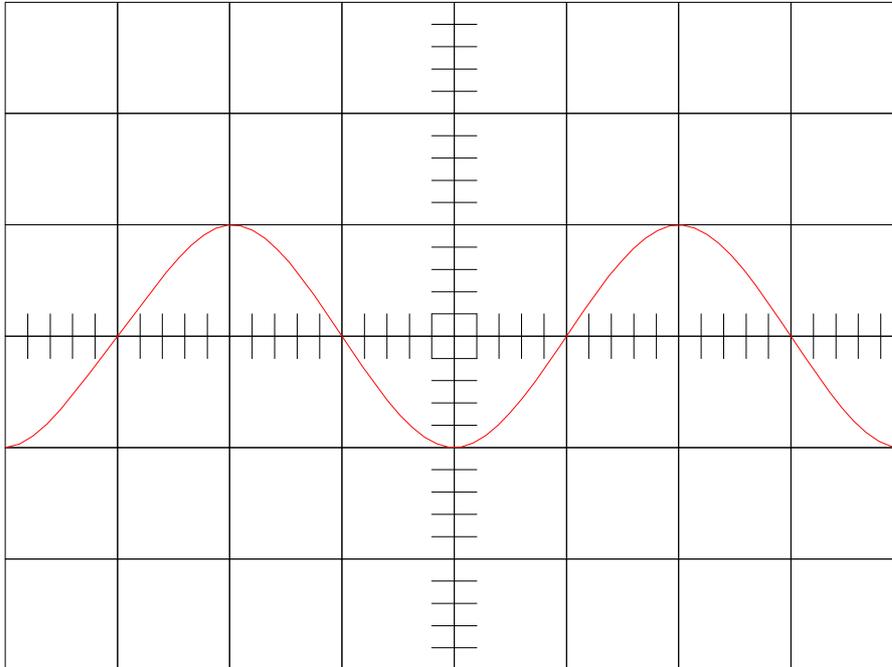
Les calibres amplitudes de l'oscilloscope sont : 20V, 10V, 5V, 2V, 1V, 500mV, 200mV, 100mV, 50mV, 20mV, 5mV, 1mV

9.3.3.1. Relever pour chaque calibre, l'amplitude des signaux représentés.

Calibre Volt/div	Nb de graduations	Lecture réelle
20V		
10V		
5V		
2V		
1V		
500mV		
200mV		
100mV		
50mV		
20mV		
5mV		
1mV		



En te basant sur le cadran suivant comportant une trace, il est demandé de remplir les tableaux en annexe.



Les calibres amplitudes de l'oscilloscope sont : 20V, 10V, 5V, 1V, 500mV, 100mV, 50mV, 5mV, 1mV

Les calibres amplitudes de l'oscilloscope sont : 5s, 2s, 1s, 500ms, 100ms, 50ms, 20ms, 10ms, 1ms, 500µs, 200µs, 100µs

9.3.3.2. Relever pour chaque calibre, l'amplitude du signal représenté.

Calibre Volt/div	Nb de graduations	Lecture réelle
20V		
10V		
5V		
1V		
500mV		
100mV		
50mV		
5mV		
1mV		



9.3.3.3. Relever pour chaque calibre, la période du signal représenté.

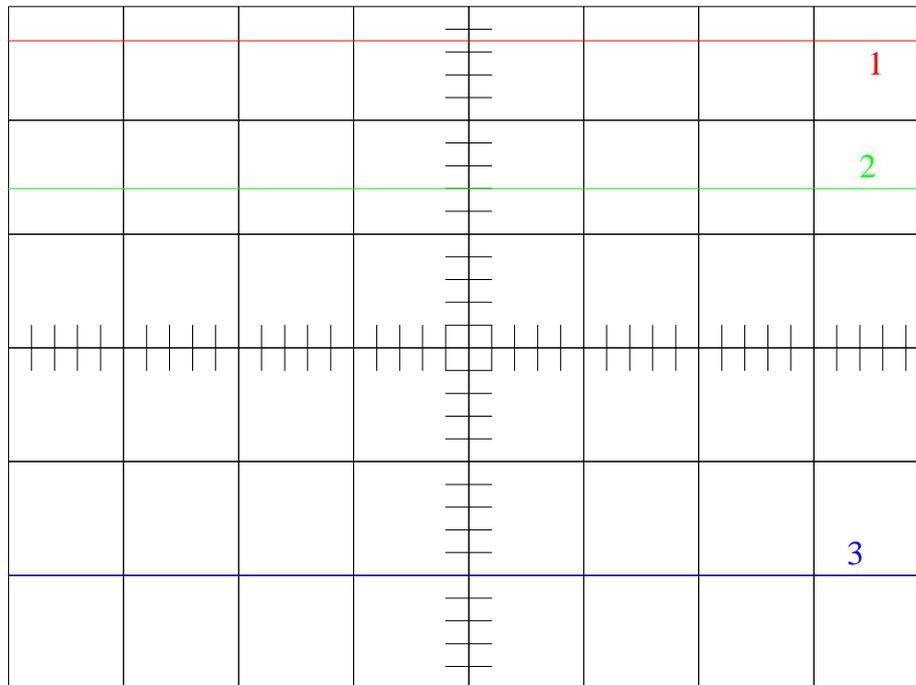
Rappel : La période d'un signal caractérise le temps nécessaire pour développer l'allure complète du signal avant que celui-ci ne se répète à l'infini. Il s'agit donc de l'alternance positive et de l'alternance négative. Lorsque le signal ne se répète pas, comme par exemple pour un signal continu, le temps est considéré comme infini ce qui donnera une fréquence nulle.

Calibre Time/div	Nb de graduations	Lecture réelle
5s		
2s		
1s		
500ms		
100ms		
50ms		
20ms		
10ms		
1ms		
500 μ s		
200 μ s		
100 μ s		



9.3.4. SIF 5-0-1-2

En te basant sur le cadran suivant comportant trois traces différentes, il est demandé de remplir le tableau en annexe.



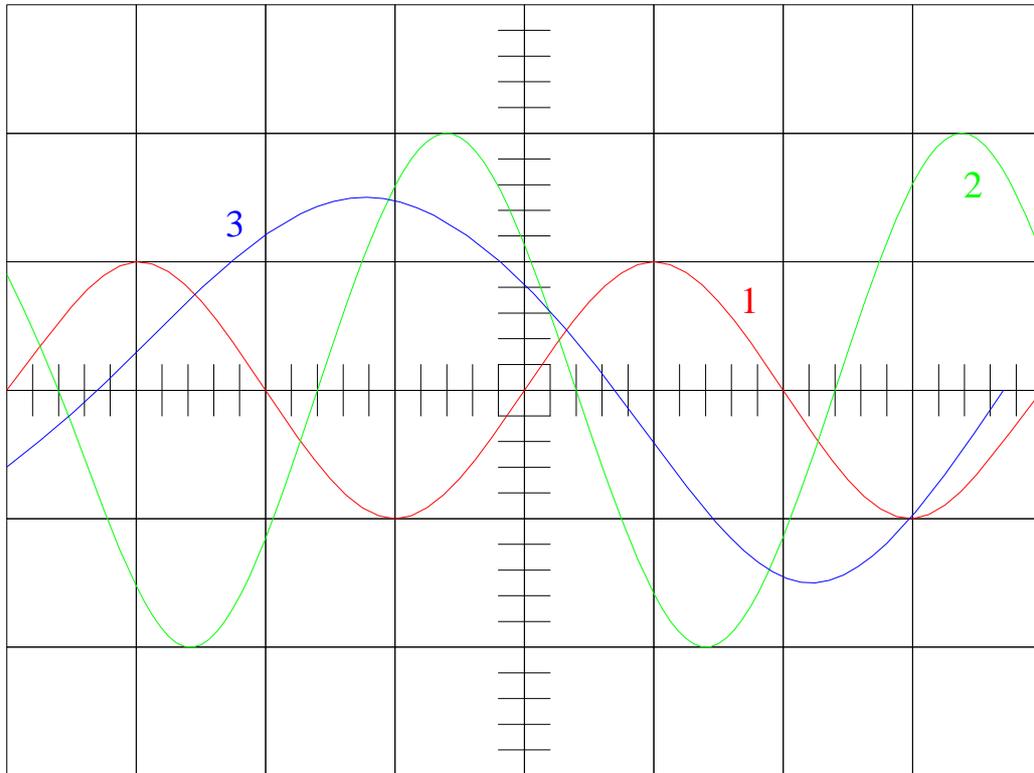
Les calibres amplitudes de l'oscilloscope sont :
20V, 10V, 5V, 2V,
1V, 500mV, 200mV,
100mV, 50mV,
20mV, 5mV, 1mV

9.3.4.1. Relever pour chaque calibre, l'amplitude des signaux représentés.

N° du signal	Calibre Volt/div	Nb de graduations	Lecture réelle
1	20V		
2	10V		
3	5V		
1	2V		
3	1V		
2	500mV		
3	200mV		
1	100mV		
2	50mV		
3	20mV		
2	5mV		
1	1mV		



En te basant sur le cadran suivant comportant trois traces différentes, il est demandé de remplir les tableaux en annexe.



Les calibres amplitudes de l'oscilloscope sont : 5s, 2s, 1s, 500ms, 100ms, 50ms, 20ms, 10ms, 1ms, 500μs, 200μs, 100μs

9.3.4.2. Relever pour chaque calibre, l'amplitude du signal représenté.

N° du signal	Calibre Volt/div	Nb de graduations	Lecture réelle
1	20V		
2	10V		
3	5V		
1	1V		
3	500mV		
2	100mV		
3	50mV		
1	5mV		
2	1mV		



9.3.4.3. Relever pour chaque calibre, la période du signal représenté.

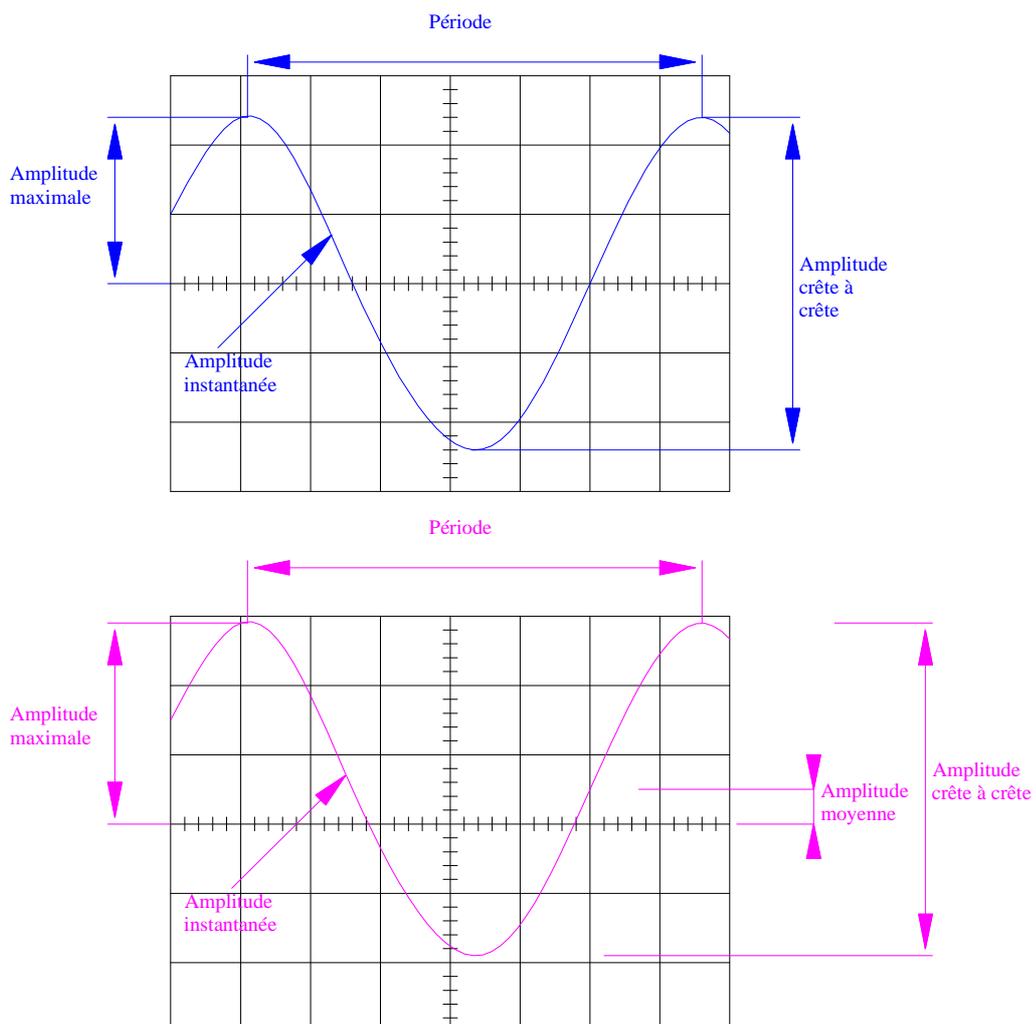
Rappel : La période d'un signal caractérise le temps nécessaire pour développer l'allure complète du signal avant que celui-ci ne se répète à l'infini. Il s'agit donc de l'alternance positive et de l'alternance négative. Lorsque le signal ne se répète pas, comme par exemple pour un signal continu, le temps est considéré comme infini ce qui donnera une fréquence nulle.

N° du signal	Calibre Time/div	Nb de graduations	Lecture réelle
1	5s		
2	2s		
3	1s		
1	500ms		
3	100ms		
2	50ms		
3	20ms		
1	10ms		
2	1ms		
3	500µs		
2	200µs		
1	100µs		

9.4. Conclusion

Un oscilloscope permettra :

- Une visualisation du signal
- La lecture de l'amplitude instantanée du signal
- La lecture de l'amplitude maximum du signal
- La lecture de l'amplitude moyenne ou encore de la composante continue d'un signal
- La lecture de l'amplitude crête à crête du signal
- Moyennant quelques réglages, la lecture de l'amplitude efficace du signal (pour se faire, il faut jouer avec le potentiomètre situé sur le sélecteur de calibre de l'amplitude. Un facteur d'échelle, dans notre cas racine de 2, doit être réglé) précisons que les autres relevés d'amplitude non plus aucune validité avec ce réglage.
- La période du signal
- Si l'appareil possède deux traces, la possibilité de comparer les signaux ou d'analyser les synchronisations de phénomènes.





10. Les alimentations de laboratoire

Vous pouvez trouver deux grandes familles d'alimentation, les alimentations continues et les alimentations alternatives.

10.1. Les alimentations continues

Comme son nom l'indique, il s'agit ici de générateur de tension et de courant continu. Il existe de multiples méthodes pour réaliser ce type d'alimentation.

Deux types peuvent être cités, les alimentations à tensions fixes et les alimentations stabilisées à tensions variables.

10.1.1. Les alimentations continues à tensions fixes

Dans ce cas, l'électronique utilisée est plus simple et les paliers de tension sont fixés par le choix des composants lors de la réalisation. Les principes techniques sont les suivants :

- Pour de faible tension et de faible courant (100mA), on utilise la diode zéner en stabilisateur de tension. Cette technique bien que limitée par le courant qui peut la traverser à l'avantage de rester stable quelle que soit la charge.
- Pour de faible courant, on utilise le pont diviseur de tension qui consiste par un jeu de couplage de résistances ou via un potentiomètre de faire varier la tension en un point de sortie du système. Cette technique a toutefois l'inconvénient de voir la tension de sortie évoluée avec le courant de charge.
- En règle générale, on utilisera un régulateur de tension (circuit intégré composé de transistors) complété par un condensateur de filtrage, un pont redresseur et un transformateur. Ce type d'alimentation est souvent limité à des courants de l'ordre de 1A. Potentiels possibles, 5V, 6V, 8V, 9V, 12V, 15V, 18v, 24V pour les plus courant.
- Pour les alimentations devant produire un courant plus important sous tension fixe, on utilisera un transistor de puissance couplé à une petite électronique de commande pour attaquer la base du transistor. Cette technique permet de fournir des courants de l'ordre de 1 à 10A en fonction du transistor utilisé et de son mode de refroidissement.

10.1.2. Les alimentations stabilisées

L'alimentation stabilisée ne nécessitant pas de courant supérieur à un ampère peut être réalisée avec un régulateur de tension. Il sera complété par un condensateur de filtrage, un pont redresseur et un transformateur. Quelques résistances et diodes permettront de réguler et de protéger le régulateur. Le réglage se fera via un potentiomètre. Ce type d'alimentation est souvent limité à des courants de l'ordre de 1A. L'inconvénient est que la tension minimum ne descend pas en dessous de 1,4V.

Dans les alimentations de laboratoire, l'électronique est présente et indispensable pour garantir une stabilisation en tension et en courant. Cette dernière joue également un rôle de garde fou en réalisant une auto protection de l'alimentation contre les fausses manœuvres. Ces alimentations permettent donc un réglage du seuil de tension et un réglage du seuil de courant.

Vous retrouverez donc sur ce type d'alimentation :

- Une borne noire pour la masse de l'alimentation qui correspondra au seuil de référence de l'électronique
- Une borne rouge pour le + de l'alimentation
- Un potentiomètre pour le réglage du seuil de courant
- Un potentiomètre pour le réglage grossier du seuil de tension
- Un potentiomètre pour le réglage fin du seuil de tension

Voici une illustration d'une alimentation stabilisée 0...30V 0...10A.



10.2. Les alimentations alternatives

Il s'agit ici d'alimentation devant délivrer une tension et un courant de type alternatif.

Deux sortes d'alimentation peuvent être définies.

10.2.1. les alimentations alternatives sinusoïdales

Ce sont des alimentations qui permettront de régler l'amplitude et la fréquence du signal alternatif sinusoïdale. Il s'agit à nouveau d'une électronique plus ou



moins complexe en fonction des limites que l'on se fixe. Les seuils maximum et minimum de l'amplitude, de la fréquence et du courant du signal souhaité.

On peut trouver sur le marché des gradateurs utilisant un triac commandé par un diac et qui permet de réguler de façon satisfaisante l'amplitude d'un signal alternatif sinusoïdale sans modifier la fréquence du signal. La puissance est fonction des composants du gradateur.

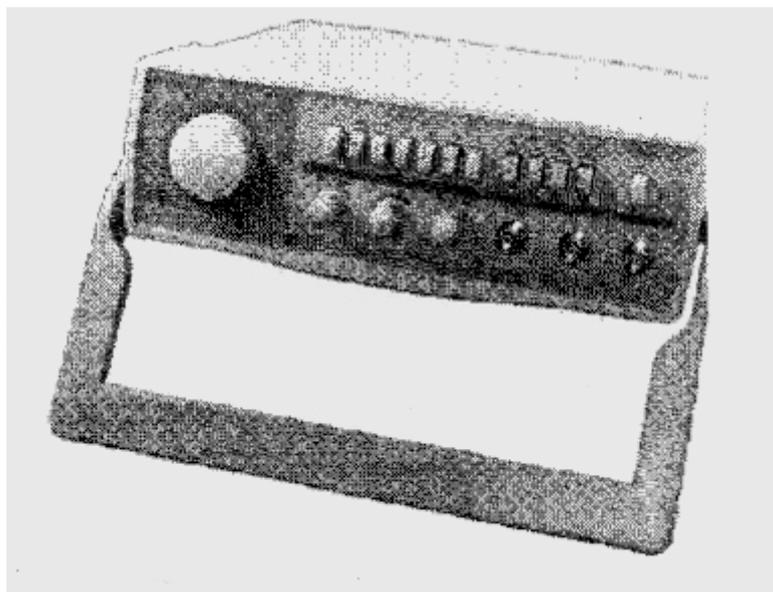
On peut également trouver ce que l'on appelle les onduleurs, en règle générale ces derniers permettent de reformer au départ d'un signal continu des signaux alternatifs de formes, d'amplitudes et de fréquences variables.

Ce type d'alimentation est onéreux et nécessite une connaissance approfondie pour une utilisation en toute connaissance de cause.

10.2.2. les générateurs de signaux

Ces appareils coûteux équipent les laboratoires high-tech, se sont des appareils capables de délivrer sous des courants très faibles des signaux alternatifs de tout type. Ils sont capables de délivrer un signal alternatif sinusoïdal comme un signal alternatif carré ou rectangulaire voir même triangulaire. Il s'agit ici d'une électronique de précision qui utilise des amplificateurs opérationnels pour réaliser des filtres. En fonction du type de couplage des filtres, on réalise un découpage d'un signal de base permettant ainsi de former en quelque sorte d'autres signaux. On peut ici modifier l'amplitude du signal en sachant que cette dernière est souvent limitée à l'ordre du volt et modifier la fréquence du signal. D'autres boutons permettront de définir les modes de couplages des filtres et ainsi la forme du signal de sortie.

Il est évident que cet appareil est utilisé couramment par les électroniciens et peu par les électriciens.

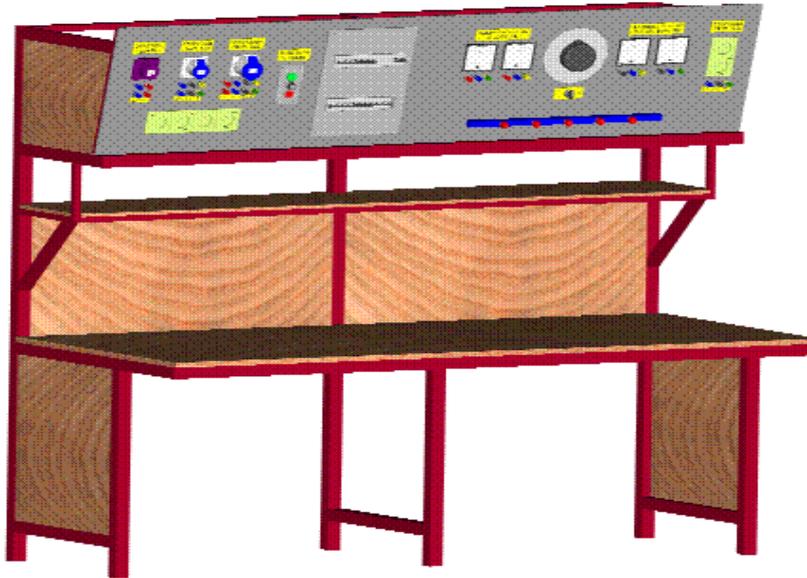


11. Les manipulations de laboratoire

Voir cahier de laboratoire pour obtenir le détail des manipulations prévues et consulter le site « PhTElec » pour obtenir la planification des expérimentations tout au long de l'année.

12. Matériel mis à disposition

12.1. Les tables de laboratoire



12.2. Le boîtier d'expérimentation

