

Laboratoire 1: Mesures en régime sinusoïdal monophasé

Notes importantes

- La durée du laboratoire est de 3 heures. **Vous devez présenter au responsable du laboratoire, une copie de vos résultats de mesure signée par tous les coéquipier.e.s avant de quitter le laboratoire.**
- Vous devez faire la démonstration du fonctionnement de votre montage en laboratoire.
- La présence au laboratoire est obligatoire. Une étudiante ou un étudiant absent du laboratoire sans raison valable se verra attribuer la note 0 pour le laboratoire.
- Vous devez avoir complété l'exercice de préparation sur Moodle avant de vous présenter au laboratoire.

Objectifs

Ce laboratoire vous permettra de :

- mesurer la tension, l'intensité du courant et la puissance.
- déterminer la valeur du facteur de puissance dans les circuits comportant une composante résistive, inductive ou capacitive ou une combinaison de deux ou trois composantes précédentes connectées en parallèle ou en série.
- Faire le bilan de puissance dans un circuit monophasé.

Rappels théoriques

La source de tension monophasée

L'expression générale d'une source de tension monophasée est définie par :

$$v(t) = V\sqrt{2} \cos(\omega t + \theta_v) \quad (1)$$

Avec V qui représente la valeur efficace de la tension, $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ est la pulsation en rad/s et θ est la phase à l'origine (à l'instant $t = 0$) aussi simplement appelée phase en rad ou en °.

Généralement la tension est prise comme origine des phases et donc sa phase à l'origine est nulle. Son expression prend la forme :

$$v(t) = V\sqrt{2} \cos(\omega t) \quad (2)$$

Le phaseur correspondant à la tension définie dans (2) est donné par la relation (3) ci-dessous.

$$\bar{V} = V e^{j\theta_v} = V \underbrace{e^{j0}}_1 = V \quad (3)$$

Lorsqu'un dipôle linéaire (constitué d'éléments passifs R , L et C) quelconque est alimenté par une source de tension sinusoïdale, celui-ci est parcouru par un courant sinusoïdal défini comme suit :

$$i(t) = I\sqrt{2} \cos(\omega t + \theta_i) \Rightarrow \bar{I} = Ie^{j\theta_i} = I\angle\theta_i = I \cos(\theta_i) + j I \sin(\theta_i) \quad (4)$$

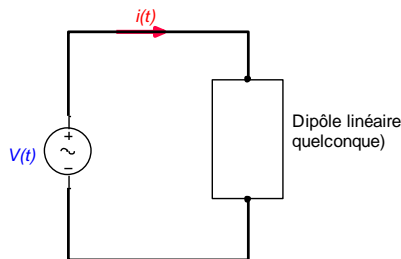


Figure 1. Courant dans un dipôle linéaire quelconque alimenté par une tension sinusoïdale.

Le déphasage du courant par rapport à la tension est défini par :

$$\varphi = \theta_v - \theta_i = -\theta_i \quad [^\circ \text{ ou rad}] \quad (5)$$

- ✓ Cas d'une **résistance pure**.

$$i(t) = \frac{v(t)}{R} = \frac{V}{R}\sqrt{2} \cos(\omega t) \Rightarrow \begin{cases} I = \frac{V}{R} \\ \theta_i = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Dans ce cas, le courant et la tension sont en phase.

- ✓ Cas d'une **inductance pure**.

$$i(t) = \frac{1}{L} \int v(u) du = \frac{V\sqrt{2}}{L\omega} \cos\left(\omega t + \underbrace{\theta_v}_{0^\circ} - \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow \begin{cases} I = \frac{V}{L\omega} \\ \theta_i = -\frac{\pi}{2} \end{cases} \quad (7)$$

Dans ce cas, le courant est en retard de $\frac{\pi}{2}$ sur la tension ou en quadrature arrière sur la tension.

- ✓ Cas d'une **capacité pure**.

$$i(t) = C \frac{dv(t)}{dt} = C\omega V\sqrt{2} \cos\left(\omega t + \underbrace{\theta_v}_{0^\circ} + \pi - \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow \begin{cases} I = C\omega V \\ \theta_i = +\frac{\pi}{2} \end{cases} \quad (8)$$

Dans ce cas, le courant est en avance de $\frac{\pi}{2}$ sur la tension ou en quadrature avance sur la tension.

Impédances et Impédances complexes

Notée \bar{Z} , elle est définie comme suit :

$$\underbrace{\bar{Z} = \frac{\bar{V}}{\bar{I}} = R + jX = Z\angle\varphi}_{\text{Impédance complexe}} \quad [\Omega] \Rightarrow \underbrace{Z = \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + X^2}}_{\text{Impédance}} \quad [\Omega] \quad (9)$$

- la partie réelle de l'impédance complexe est la **résistance R** du dipôle.
- La partie imaginaire de l'impédance complexe est la **réactance X** du dipôle.
- Z est l'**impédance** en Ω du dipôle.
- φ est le déphasage pouvant être défini comme dans la relation (5).
 - ✓ Si $0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$, ce qui signifie $X > 0$ alors le dipôle est **globalement inductif**.
 - ✓ Si $-\frac{\pi}{2} < \varphi < 0$, ce qui signifie $X < 0$ alors le **dipôle est globalement capacitif**.
 - ✓ Si $\varphi = 0$, ce qui signifie $X = 0$ alors le dipôle est **purement résistif**.

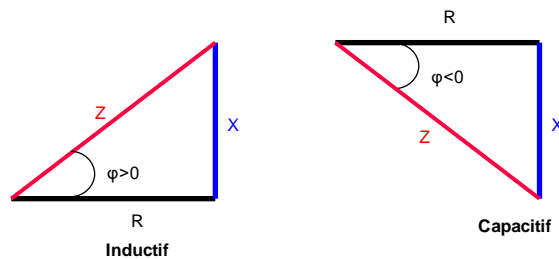


Figure 2. Triangle des impédances, cas inductif et cas capacitif.

Le diagramme vectoriel dépendamment du type de charge est représenté ci-dessous.

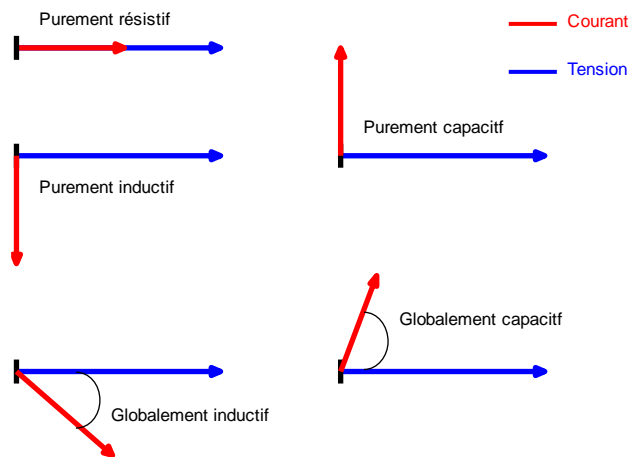


Figure 3. Diagramme vectoriel dépendamment de la nature de la charge.

La réactance d'un dipôle est due aux

Puissances active, réactive, apparente et facteur de puissance.

- ✓ Puissance réelle ou active

$$P = VI \cos \varphi = RI^2 \quad [W] \tag{10}$$

- ✓ Puissance réactive

$$Q = VI \sin \varphi = XI^2 \quad [\text{var}] \Rightarrow \begin{cases} Q_L > 0 \\ Q_C < 0 \end{cases} \tag{11}$$

Remarque : Une charge inductive consomme la puissance réactive tandis qu'une charge capacitive fournit la puissance réactive.

- ✓ **Puissance apparente**

$$S = VI = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ [VA]} \quad (12)$$

- ✓ **Puissance apparente complexe**

$$\bar{S} = P + jQ = S \angle \varphi = VI \angle \varphi \quad (13)$$

- ✓ **Bilan de puissance dans un circuit mixte**

$$\begin{cases} P_{\text{tot}} = P_1 + P_2 + \dots + P_n \\ Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} S_{\text{tot}} = \sqrt{P_{\text{tot}}^2 + Q_{\text{tot}}^2} \\ \bar{S}_{\text{tot}} = P_{\text{tot}} + jQ_{\text{tot}} \end{cases} \quad (14)$$

Note : Ces formules sont valables indépendamment du circuit (raccordements série ou parallèle) des composants.

- ✓ **Définition du facteur de puissance**

$$FP = \cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (15)$$

Impédances, puissances et facteur de puissance des composants R, L, C purs

Résistance pure

$$\begin{cases} \bar{Z}_R = R = R \angle 0^\circ \\ \varphi_R = 0 ; FP_R = 1 \\ P_R = RI^2 ; Q_R = 0 ; S_R = RI^2 \end{cases} \quad (16)$$

Inductance pure

$$\begin{cases} \bar{Z}_L = L\omega \angle \frac{\pi}{2} = jL\omega = jX_L \\ \varphi_L = \pi/2 ; FP_L = 0 \\ P_L = 0 ; Q_L = X_L I^2 ; S_L = X_L I^2 \end{cases} \quad (17)$$

Réactance pure

$$\begin{cases} \bar{Z}_C = \frac{1}{C\omega} \angle -\frac{\pi}{2} = \frac{-j}{C\omega} = jX_C \\ \varphi_C = -\pi/2 ; FP_C = 0 \\ P_C = 0 ; Q_C = X_C I^2 ; S_C = -X_C I^2 \end{cases} \quad (18)$$

Considérations pratiques

Imperfection des composants : composants réels

Dans les cas précédents, on a décrit des éléments parfaits. On considère généralement les lampes à incandescence, les éléments chauffants ou autres résistances du genre comme des éléments purement résistifs. En réalité, une lampe à incandescence comporte une très légère composante inductive parce que le fil qui compose le filament est enroulé pour occuper moins d'espace à l'intérieur de l'ampoule.

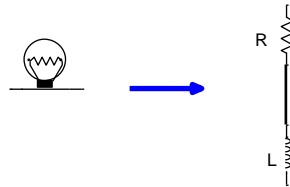


Figure 4. Modèle électrique équivalent d'une lampe réelle

Les condensateurs réels présentent des fuites électriques entre leurs armatures. Ainsi un condensateur réel peut être représenté par une capacité C en parallèle avec une résistance R caractérisant les fuites.

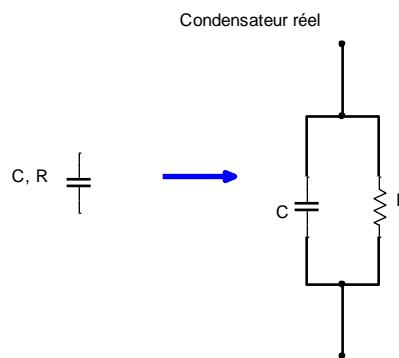


Figure 5. Condensateur réel

Dans ce cas, l'impédance du condensateur réel est définie comme suit :

$$Z_{R,C} = \frac{|X_C| \cdot R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \quad (19)$$

Le cas des inductances est différent, les composantes inductive et résistive sont disposées en série comme montré ci-dessous.

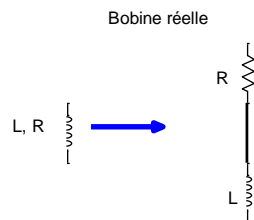


Figure 6. Inductance réelle

Pour cette séance de laboratoire, vous utiliserez des inductances de 55 mH ; il y'en a trois sur le même boîtier; une photographie du bloc d'inductance est montrée ci-dessous.

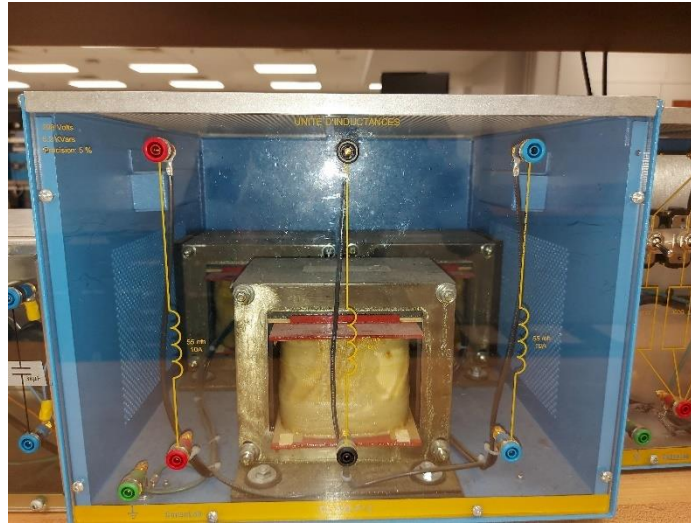


Figure 7. Bloc d'inductances du laboratoire

Le boîtier de condensateurs constitués de 3 condensateurs de $38\ \mu\text{F}$ que vous raccorderez en parallèle avec la source est montré ci-dessous.

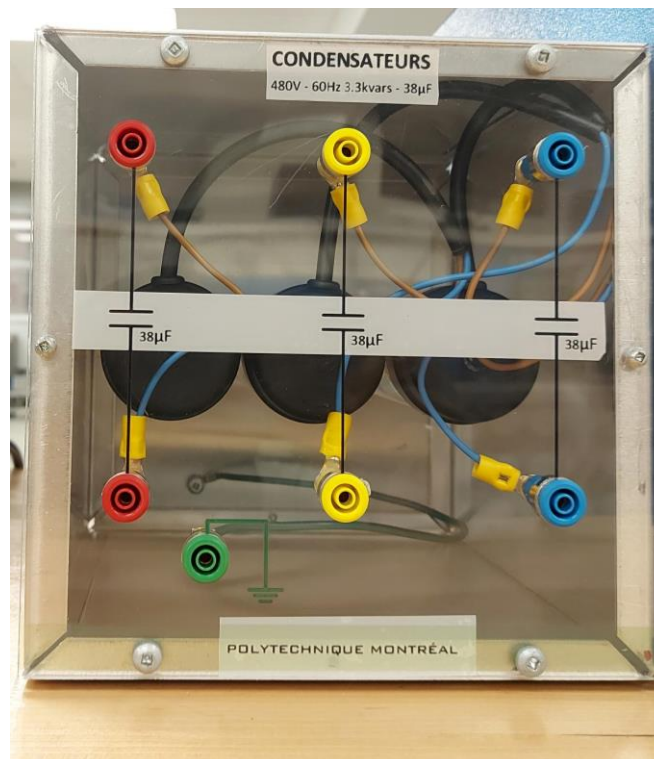


Figure 8. Blocs de condensateur du laboratoire

Un boîtier de résistances comprenant plusieurs valeurs de résistances sera également utilisé dans ce laboratoire. La figure ci-dessous montre le banc de résistance du laboratoire.

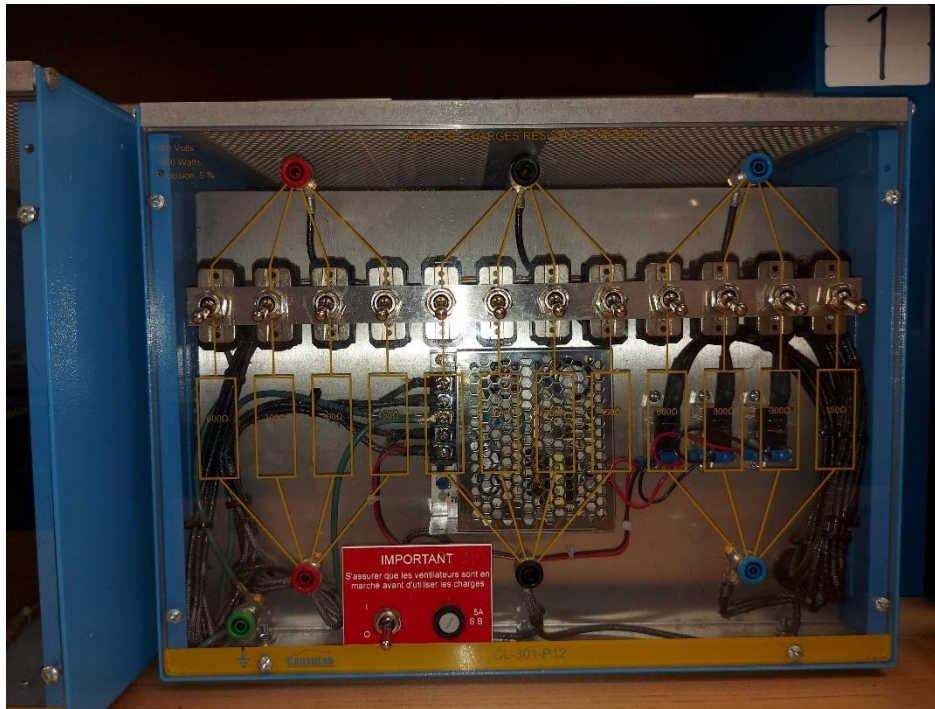


Figure 9. Banc de résistances du laboratoire.

Contrairement aux boîtiers d'inductances et de condensateurs pour lesquels, on a des éléments isolés, les résistances du banc de la **Figure 9** comporte 3 blocs de 4 résistances en parallèle. Le schéma électrique équivalent du boîtier de résistance est montré ci-dessous.

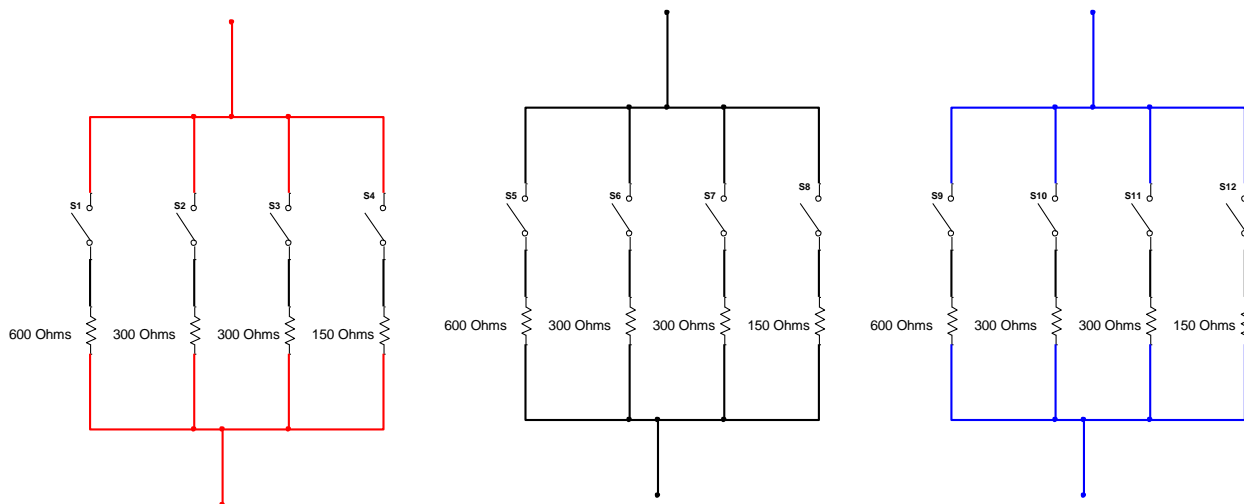


Figure 10. Schéma électrique équivalent du boîtier des résistances

Mesures et incertitudes

Fonctionnement d'un analyseur de puissance.

Toute mesure est entachée d'une **incertitude**. Cette incertitude est exprimée soit comme un pourcentage de la mesure, soit comme une valeur absolue, par exemple $120\text{ V} \pm 0,8\%$, ou $120\text{ V} \pm 1\text{ V}$. De plus, si une valeur est

obtenue à partir de la **mesure de plusieurs grandeurs**, l'incertitude sur la valeur calculée est souvent beaucoup plus importante que l'incertitude sur les grandeurs mesurées. Dans ce laboratoire, vous utiliserez pour la mesure des grandeurs (courant, tension et puissance) l'**analyseur de puissance Voltech PM1000**.

Une puissance est le produit d'une tension par le courant.

- Pour mesurer une **tension**, on utilise un **voltmètre** qui se branche en **parallèle** avec la charge. La figure ci-dessous montre des exemples de raccordement d'un voltmètre. Dans le premier montage, on a une seule charge en parallèle avec la source et le voltmètre indique la tension aux bornes de celle-ci. On a peu près 120 V car la source est ajustée à 120 V dans cette simulation. Dans le 2^e montage, le voltmètre 1 est utilisé pour mesurer la tension aux bornes de la charge 1 tandis que le voltmètre 2 mesure la tension aux bornes de la charge 2.

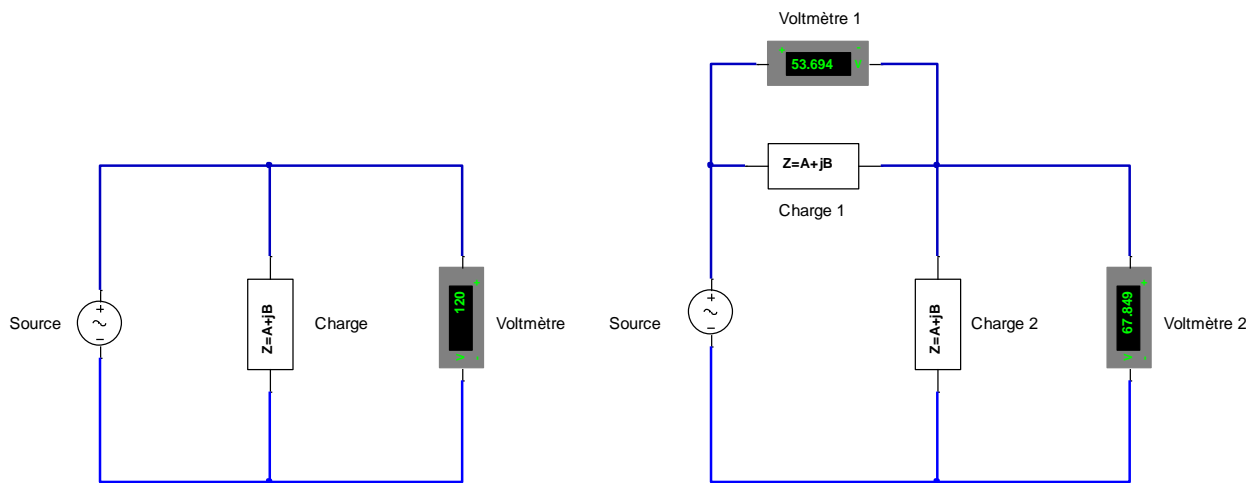


Figure 11. Exemple de raccordement du voltmètre

- Pour mesurer un courant, on utilise un **ampèremètre** qui se branche en **série** avec la charge d'intérêt. La figure ci-dessous montre des exemples de raccordements des ampèremètres.

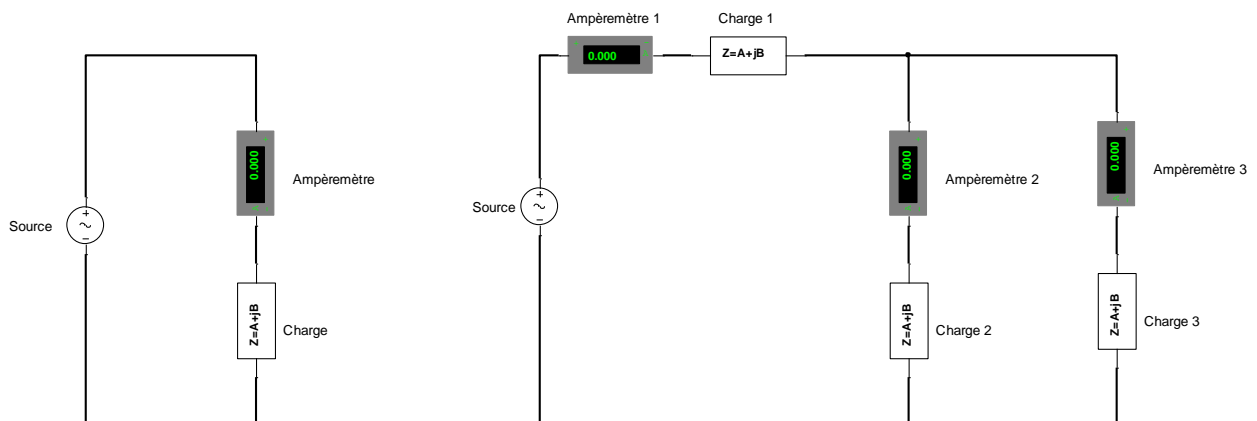


Figure 12. Exemples de raccordement de l'ampèremètre

Comme mentionné plus haut, l'analyseur de puissance est un instrument de mesure qui combine un ampèremètre et un voltmètre. Sur la **Figure 13**, on peut voir les bornes ampèremétriques et voltmétriques de

l'analyseur de puissance PM1000 de Voltech. Les bornes jaunes indiquent la polarité positive et les bornes noires la polarité négative. On peut aussi lire les valeurs maximales mesurables par l'analyseur **20 A** dans le cas du courant et **700 V** dans le cas de la tension.

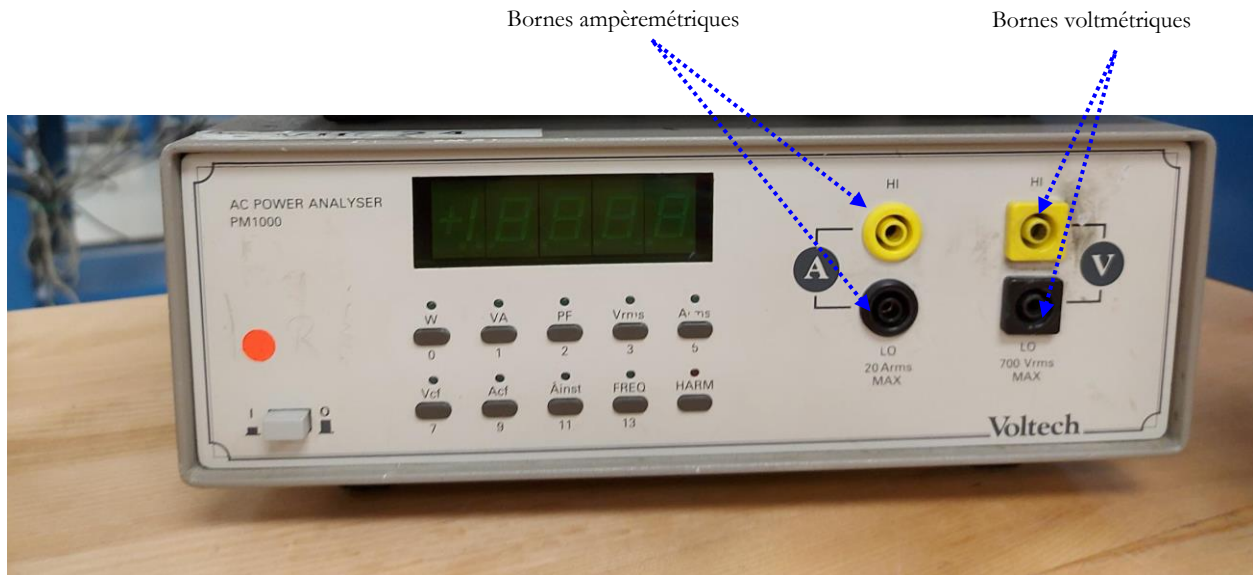


Figure 13. Analyseur de puissance Voltech PM1000

Incertitude de l'analyseur de puissance Voltech PM 1000.

Comme on peut le voir sur la façade de l'analyseur de puissance Voltech PM 1000 (**Figure 13**), durant le laboratoire, l'on pourra afficher des watts (puissance active ou réelle), des VA (puissance apparente), le PF (facteur de puissance), V_{rms} (pour la valeur efficace de la tension), I_{rms} (pour la valeur efficace de la tension), etc.

Note : rms signifie "Root Mean Square".

Quelques informations concernant la précision sur les mesures fournies sont reportées ci-dessous. Ces valeurs sont extraites de la fiche technique ou encore datasheet de l'analyseur de puissance PM 1000 de Voltech. Cette fiche est accessible [ici](#).

- **Affichage** : 4 ½
- **Tension** : 4 échelles à sélection automatique de 8 V, 35 V, 140 V et 700 V efficaces.
 - ✓ Précision : $\pm 0,25\%$ + 0,1 % de l'échelle.
- **Courant** : 4 échelles à sélection automatique de 0,5 A, 2,5 A, 12,5 A et 20 A efficaces.
 - ✓ Précision : $\pm 0,5\%$ + 0,1 % de l'échelle.
- **Puissance active** : 16 échelles correspondant à celles des courants et des tensions de 4 W à 14 kW.

- ✓ **Précision** : $\pm 0,75 \% + 0,1 \% \times FP$ du produit de l'échelle de tension par l'échelle de courant.
- ✓ **Exemple** :
 - Lecture 120,0 V, 10,0 A, P: 702 W;
 - Incertitude : $\pm 0,0075 \times 702 \pm \left(0,001 \times \frac{702}{1200}\right) \times 140 \times 12,5 = \pm 6,3 W$
- **Puissance apparente** : 16 échelles correspondant aux produits des échelles de courant et de tensions (de $8 V \times 0,5 A = 4 VA$ à $700 \times 20 = 14 kVA$).
 - ✓ **Précision** : $\pm 0,75 \% \pm 0,1 \%$ de l'échelle.
- **Facteur de puissance** : 1 échelle entre 0,000 et $\pm 1,000$
 - ✓ Précision : $\pm 0,002$.

Panneau d'alimentation du laboratoire

Elle a la charge d'alimenter tout le circuit. Pour ce laboratoire il sera utilisé une tension de 120 V pour l'alimentation des différents montages. La source du laboratoire est **triphasee**, mais nous utiliserons **seulement une des trois phases**. La figure ci-dessous montre la source du laboratoire lorsqu'elle est **éteinte (disjoncteur à OFF et lumière de sortie éteinte)**.

Disjoncteur à OFF et lumière éteinte

Borne de mise à la terre

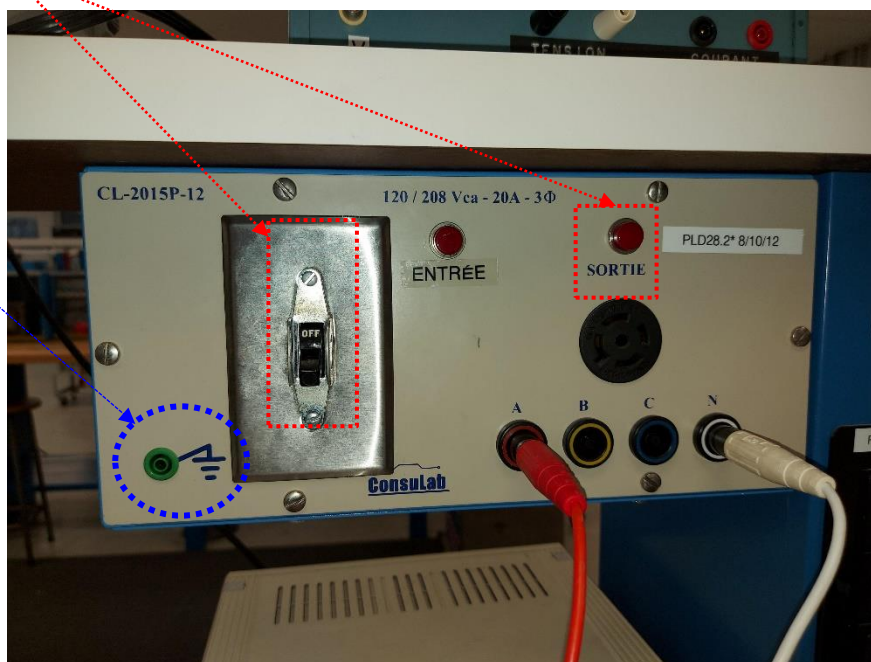


Figure 14. Source d'alimentation éteinte

Pour l'alimentation des circuits, nous utiliserons la **phase A** et le **neutre (N)**. Entre chaque phase et le neutre lorsque le sectionneur est en **position ON** (la lumière de sortie **brille**), la tension de la source vaut théoriquement **120 V**. La **Figure 15** montre la signalisation lorsque la source est allumée.

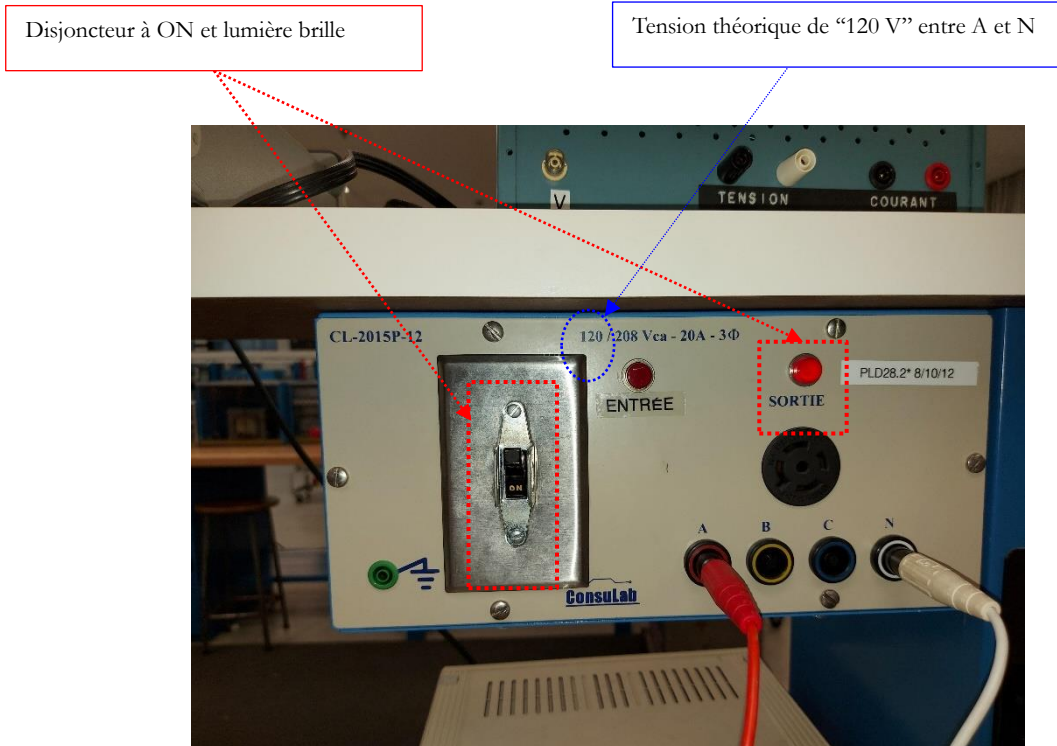


Figure 15. Source d'alimentation allumée

À cause de la chute de tension dans les conducteurs et de la résistance interne de la source, la tension réelle de entre A et N sera légèrement inférieure à 120 V. Sur la **Figure 16**, les bornes voltmétriques de l'analyseur de puissance sont utilisées pour mesurer la tension réelle de la source qui vaut à l'instant de la mesure, 117,51 V.

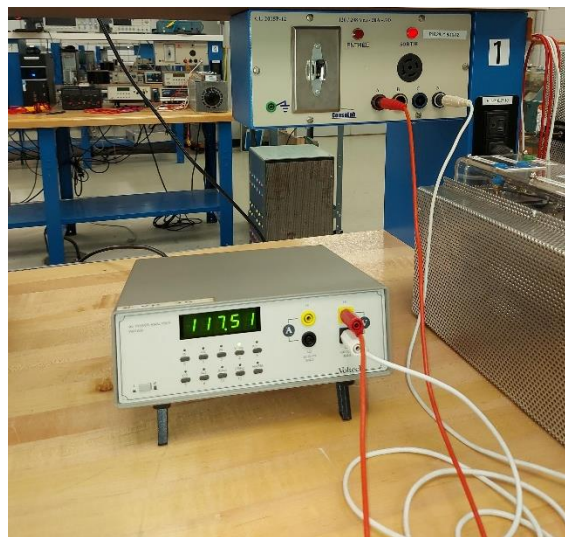


Figure 16. "Une valeur" de la tension de source en fonctionnement

Préparation

- Lire les sections précédentes du laboratoire et d'autres documents du cours.
- Regarder la capsule suivante : <https://www.loom.com/share/a6d6825fab9e48d6b9902d34848b44b6?sid=6607e28a-b62a-46e6-b9db-bcfe343cc48c>
- Répondre aux questions de préparation sur Moodle avant 18 h 30 la journée précédant le laboratoire.

Note importante : vous ne pourriez accéder au laboratoire que si vous avez complété l'exercice de préparation sur Moodle au plus tard à la date indiquée.

Expérimentations

Note : le personnel du laboratoire aura déjà aménagé les tables de travail avant votre arrivée au laboratoire.

Consignes de sécurité générale



DANGER : Ce laboratoire fait appel à des tensions élevées et des courants intenses. Soyez attentifs aux consignes et coupez toujours l'alimentation avant de travailler sur vos montages.



DANGER : Porter des lunettes de sécurité durant toutes les manipulations.



DANGER : Assurez-vous d'avoir réalisé la mise à la terre en reliant ensemble toutes les bornes vertes (GND) des composants.



ATTENTION : À chaque fois que vous préparez un nouveau montage, il est recommandé que chaque membre de l'équipe vérifie indépendamment le circuit, de façon à minimiser les risques de mauvais branchements.

Expérience 1 : Charge résistive pure

Schémas de principe et de montage

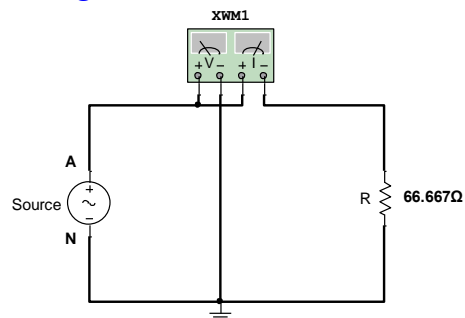


Figure 17. Schéma de principe du circuit purement résistif.

Pour ce montage, XWM1 est l'analyseur de puissance, et la source sera prélevée entre ces deux bornes (A et N); ce sera le cas pour tous les circuits à réaliser. Comme montré sur la figure, les bornes du voltmètre sont en parallèle avec la source tandis que celles de l'ampèremètre sont en série avec la source.

Attention !! : les petits points sur la figure traduisent la **jonction** entre deux fils. Par exemple la **borne négative du voltmètre** est connectée à la **borne N** de la source. Le schéma de montage pour le schéma de principe de la **Figure 17** est montré ci-dessous :

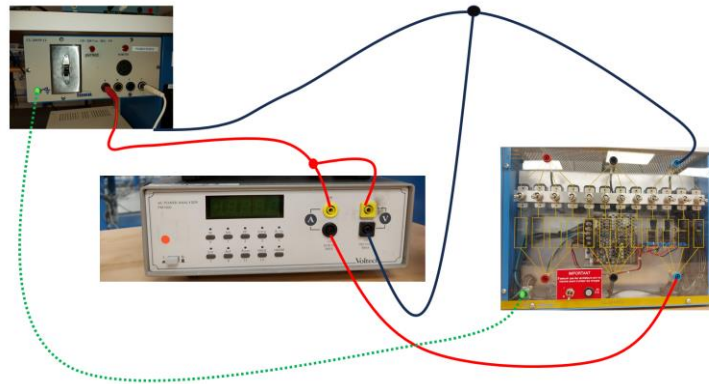


Figure 18. Schéma de montage du circuit purement résistif.

Consignes de sécurité pour cette expérience



DANGER : Assurez-vous que le disjoncteur du panneau est à la position « OFF ».



ATTENTION : Assurez-vous que **seuls** les interrupteurs du boîtier de résistance pour ajuster la résistance à approximativement $66,667 \Omega$ sont à ON (les autres interrupteurs doivent être tous vers le bas).



ATTENTION : Faites inspecter votre montage par le responsable du laboratoire (avant de mettre le circuit sous tension).



ATTENTION : Mettez le ventilateur du boîtier de résistance en marche. Vous le laisserez tourner tout au long du laboratoire (même lorsque le circuit n'est pas sous tension). Vous l'arrêterez avant de quitter la salle de laboratoire.

Mesures



ATTENTION : Faites inspecter votre montage par le responsable du laboratoire (avant de mettre le circuit sous tension).

Après l'approbation de votre circuit, mettez le disjoncteur à la position « ON » pour alimenter votre montage et compléter le tableau de mesure ci-dessous.

Tableau 1. Analyse d'une charge purement résistive

Courant (A)	Tension (V)	Puissance active (W)	Puissance apparente (VA)	Facteur de puissance

Expérience 2 : Charge purement inductive

Consignes de sécurité pour l'expérience et montage



DANGER : Ramener le disjoncteur du panneau d'alimentation à la position « OFF ».

Réaliser le montage de la **Figure 19** dans laquelle la résistance de $66,667 \Omega$ a été remplacée par une inductance de 55 mH.

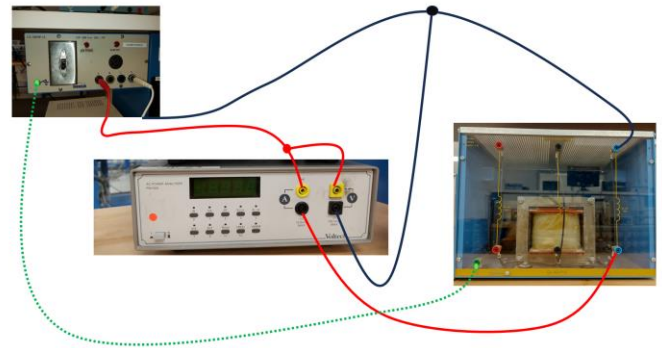
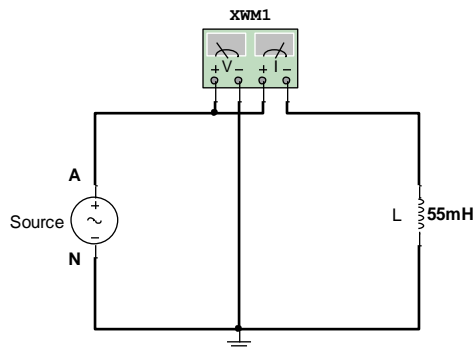


Figure 19. Schémas de principe et de montage du circuit purement inductif.

Mesures



ATTENTION : Faites inspecter votre montage par le responsable du laboratoire avant de mettre le circuit sous tension.

Après l'approbation de votre circuit, mettez le disjoncteur à la position « ON » pour alimenter votre montage.

Tableau 2. Analyse d'une charge purement inductive

Courant (A)	Tension (V)	Puissance active (W)	Puissance apparente (VA)	Facteur de puissance

Expérience 3 : Charge purement capacitive

Consignes de sécurité pour l'expérience et montage



DANGER : Ramener le disjoncteur du panneau d'alimentation à la position « OFF ».

On désire cette fois étudier une charge avec une composante résistive et une composante inductive. Nous verrons au cours 6 que le moteur se comporte globalement de cette façon. On remplace alors le condensateur par une résistance de $66,667 \Omega$ en parallèle avec une inductance de 55 mH

L'inductance est cette fois-ci remplacée par un condensateur de $38 \mu\text{F}$ comme montré sur la **Figure 20**.

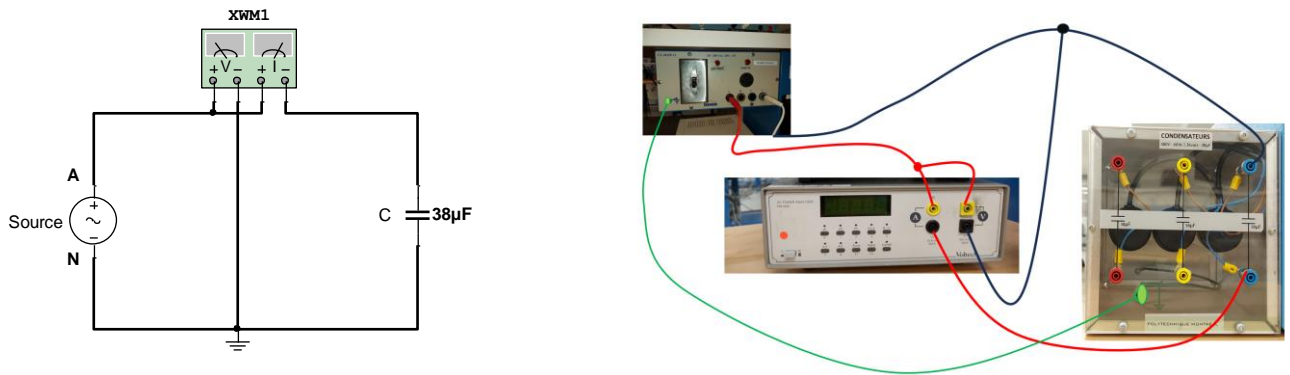


Figure 20. Schémas de principe et de montage du circuit purement capacitif.

Mesures



ATTENTION : Faites inspecter votre montage par le responsable du laboratoire avant de mettre le circuit sous tension.

Après l'approbation de votre circuit, mettez le disjoncteur à la position « ON » pour alimenter votre montage.

Tableau 3. Analyse d'une charge purement capacitive

Courant (A)	Tension (V)	Puissance active (W)	Puissance apparente (VA)	Facteur de puissance

Expérience 4 : Charge RL

Consignes de sécurité pour l'expérience et montage



DANGER : Ramener le disjoncteur du panneau d'alimentation à la position « OFF ».

On désire cette fois étudier une charge ayant une composante résistive et une composante inductive. Nous verrons au cours 6 que le moteur se comporte globalement de cette façon. On remplace alors le condensateur par une résistance de $66,667 \Omega$ en parallèle avec une inductance de 55 mH comme montré sur la **Figure 21**.

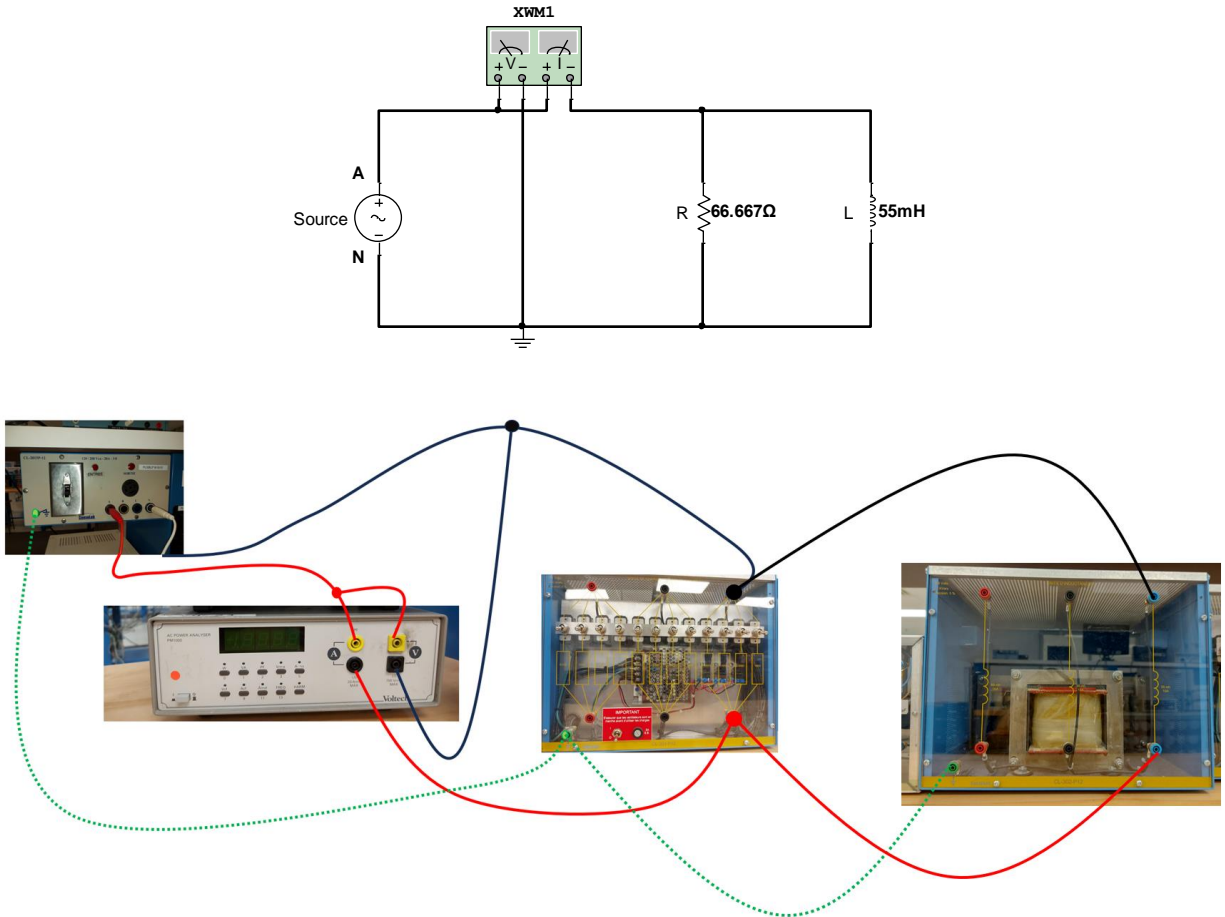


Figure 21. Schémas de principe et de montage du circuit RL parallèle.

Mesures



ATTENTION : Faites inspecter votre montage par le responsable du laboratoire avant de mettre le circuit sous tension.

Après l'approbation de votre circuit, mettez le disjoncteur à la position « ON » pour alimenter votre montage.

Tableau 4. Analyse d'une charge RL parallèle

Courant (A)	Tension (V)	Puissance active (W)	Puissance apparente (VA)	Facteur de puissance

Ne pas défaire votre montage

Expérience 5 : Charge RLC parallèle

Consignes de sécurité pour l'expérience



DANGER : Ramener le disjoncteur du panneau d'alimentation à la position « OFF ».

Dans cette expérience, on désire analyser l'effet de l'ajout des condensateurs en parallèle à une installation consommant de l'énergie réactive du fait de l'inductance. Nous allons pour cela augmenter le nombre de condensateurs et mesurer l'effet sur les puissances, courant et tension dans l'installation.

Montage et mesures avec un seul condensateur

Le disjoncteur du panneau étant à OFF, rajouter au montage précédent le premier condensateur de $38\ \mu\text{F}$ comme montré ci-dessous.

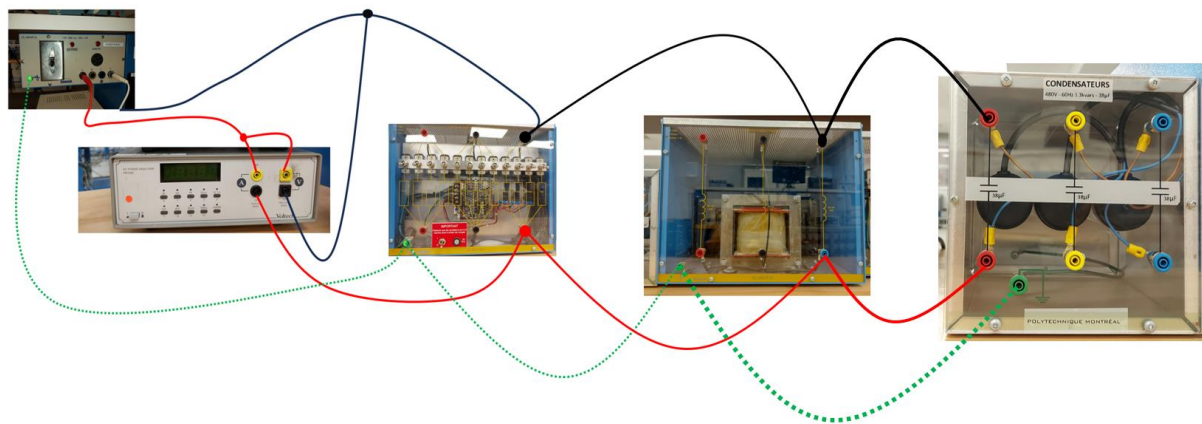
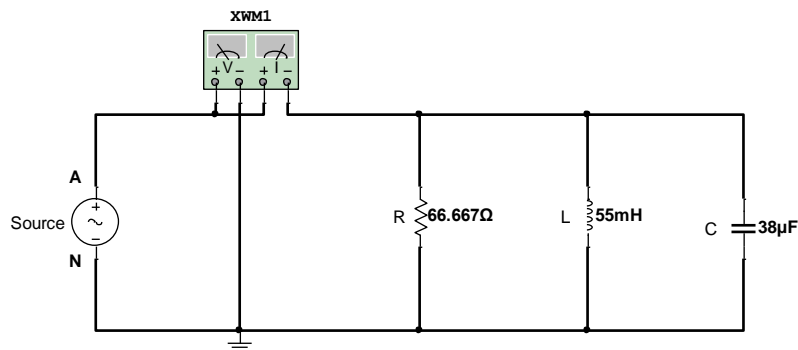


Figure 22. Schémas de principe et de montage du circuit RLC parallèle avec un seul condensateur.



DANGER : la mise à la terre est à réaliser sur les trois boîtiers comme montré sur la **Figure 22**.



DANGER : faites approuver votre montage avant la mise sous tension.

Mettez le montage sous tension et complétez la première ligne vide du **Tableau 5**.

Montage et mesures avec deux condensateurs



DANGER : Ramener le disjoncteur du panneau d'alimentation à la position « OFF ».

Le disjoncteur du panneau étant à OFF, rajouter au montage précédent le deuxième condensateur de $38\ \mu F$ (celui avec les bornes jaunes) comme montré ci-dessous.

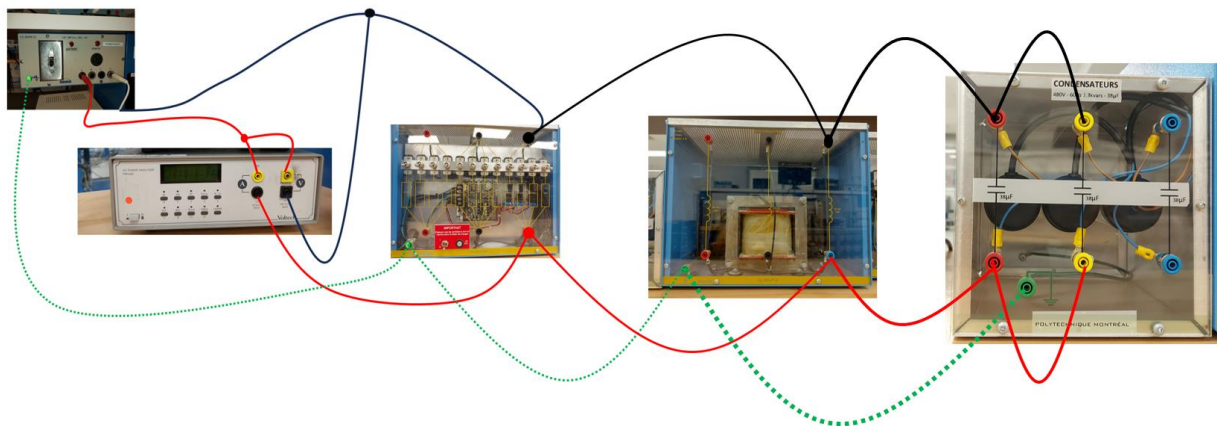
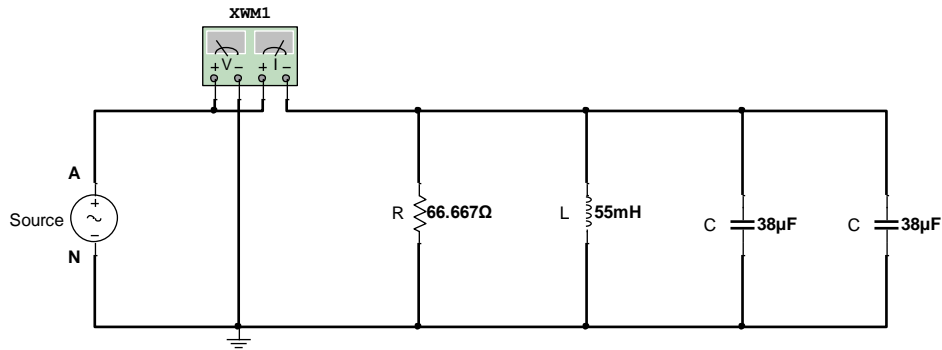


Figure 23. Schémas de principe et de montage du circuit RLC parallèle avec deux condensateurs.



DANGER : faites approuver votre montage avant la mise sous tension.

Mettez le montage sous tension et complétez la deuxième ligne vide du **Tableau 5**.

Montage et mesures avec trois condensateurs



DANGER : Ramener le disjoncteur du panneau d'alimentation à la position « OFF ».

Le disjoncteur du panneau étant à OFF, rajouter au montage précédent le troisième condensateur de $38\ \mu F$ (celui avec les bornes bleues) comme montré ci-dessous.

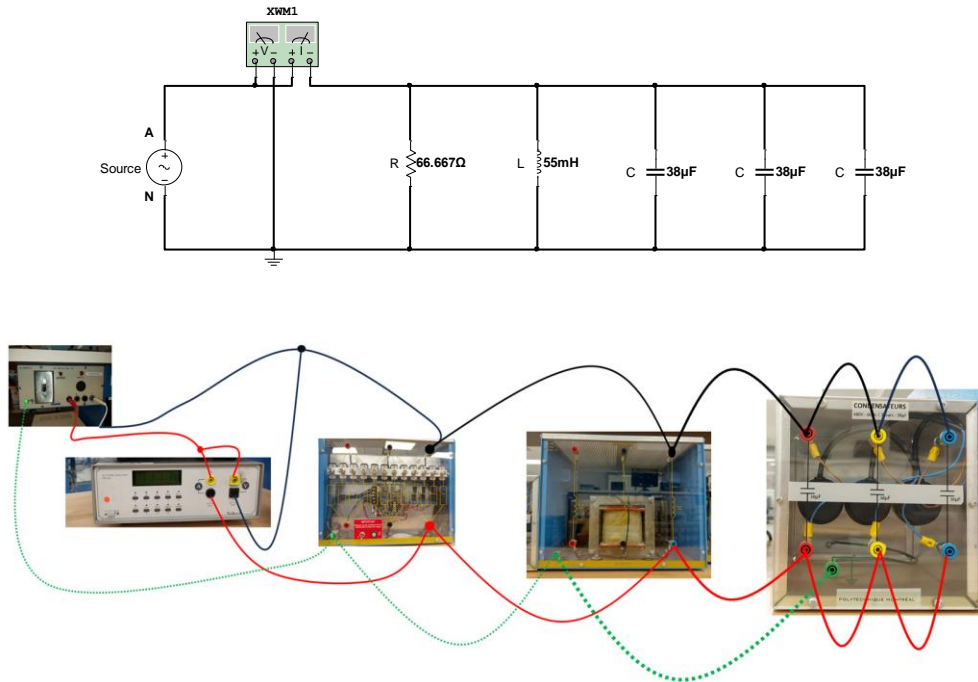


Figure 24. Schémas de principe et de montage du circuit RLC parallèle avec trois condensateurs.



DANGER : faites approuver votre montage avant la mise sous tension.

Mettez le montage sous tension et complétez la troisième ligne vide du **Tableau 5**.

Tableau 5. Effet de l'ajout des condensateurs dans le montage RL.

Nombre de condensateurs de $38 \mu F$ en parallèle avec R et L	Courant (A)	Tension (V)	Puissance active (W)	Puissance apparente (VA)	Facteur de puissance
1					
2					
3					

Fin du lab. ici avant de partir : Présenter vos tableaux de mesures complétés au responsable du LAB et rassurez-vous d'avoir signer la feuille de présence.

Le rapport de test sera disponible sur Moodle à partir du vendredi 2 février à 18 h 30.

Barème

- Préparation : 25 %
- Manipulations (présence au lab) : 25 %
- Rapport de test : 50 %
- Si l'une des activités ci-dessus n'est pas faite, cela entrainera la note 0 pour le laboratoire.