

# Moteur Génératrice



# Table des matières

<b>I - Objectifs</b>	<b>3</b>
<b>II - Théorie des machines à courant continu</b>	<b>4</b>
<b>III - Matériel</b>	<b>7</b>
<b>IV - Etude d'une génératrice à vide</b>	<b>13</b>
<b>V - Etude d'une génératrice en charge</b>	<b>15</b>
<b>VI - Caractéristique courant-tension d'une génératrice</b>	<b>17</b>
<b>VII - Réversibilité d'une machine tournante</b>	<b>19</b>
<b>VIII - Manipulations virtuelles</b>	<b>21</b>
1. Etude de la génératrice à vide .....	21
2. Etude de la génératrice en charge.....	21
3. Caractéristique courant-tension d'une génératrice .....	21
4. Réversibilité d'une machine tournante .....	21
<b>IX - Bibliographie</b>	<b>22</b>
<b>X - Crédits</b>	<b>23</b>

# Objectifs

---



On réalisera l'étude expérimentale d'une chaîne énergétique.

Les objectifs du TP sont :

- le tracé de la courbe de tension à vide d'une génératrice en fonction de la vitesse de rotation
- le tracé de la caractéristique courant/tension d'une génératrice sur une charge variable, vitesse constante.
- le calcul du rendement de l'installation en fonction de la vitesse de rotation.
- la mise en évidence de la réversibilité d'un moteur ou d'une génératrice.

[cf. Objectifs et matériel]

# Théorie des machines à courant continu

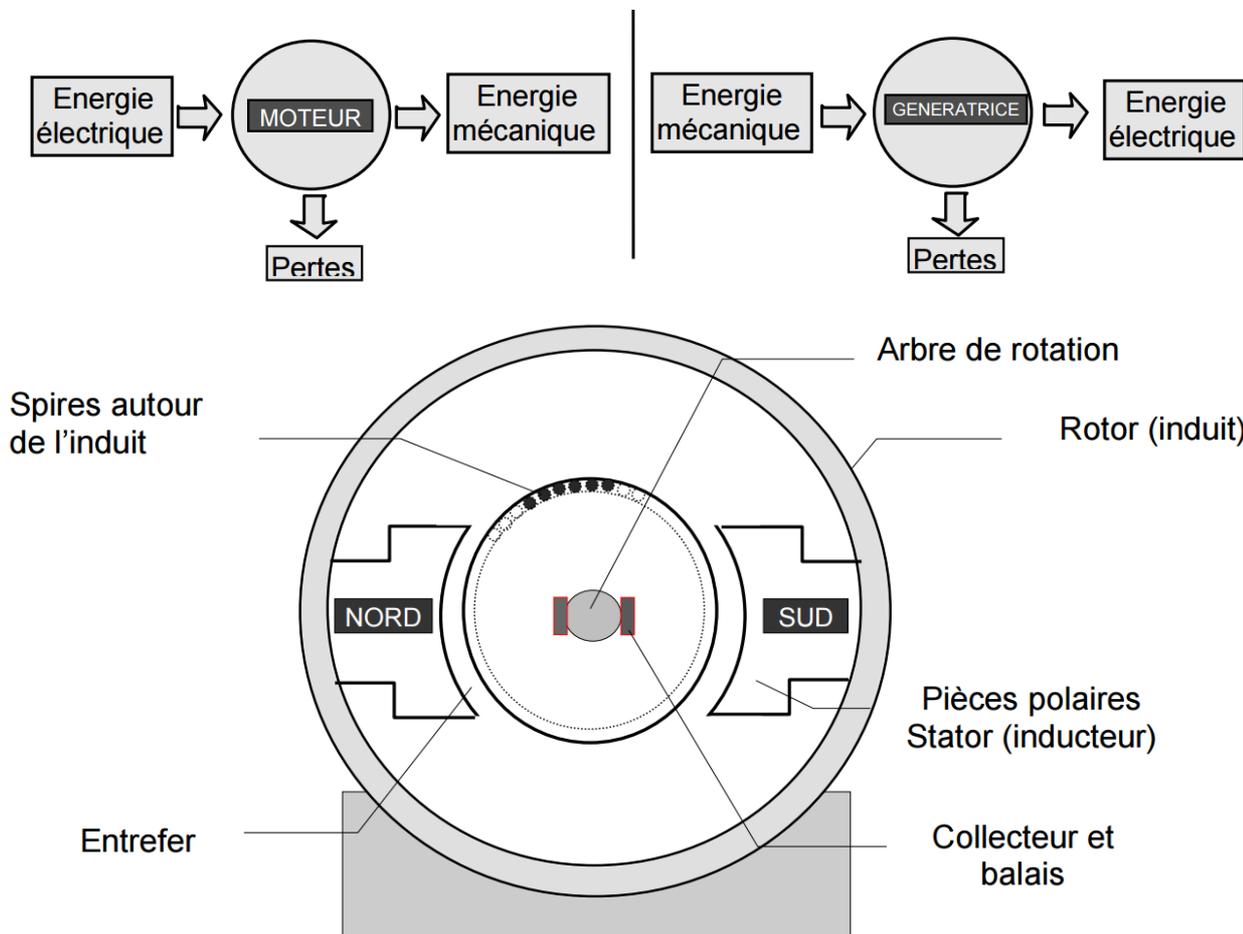


Une machine à courant continu est un convertisseur d'énergie.

Les transferts d'énergie qui s'opèrent pendant son fonctionnement apparaissent dans le diagramme ci-dessous.

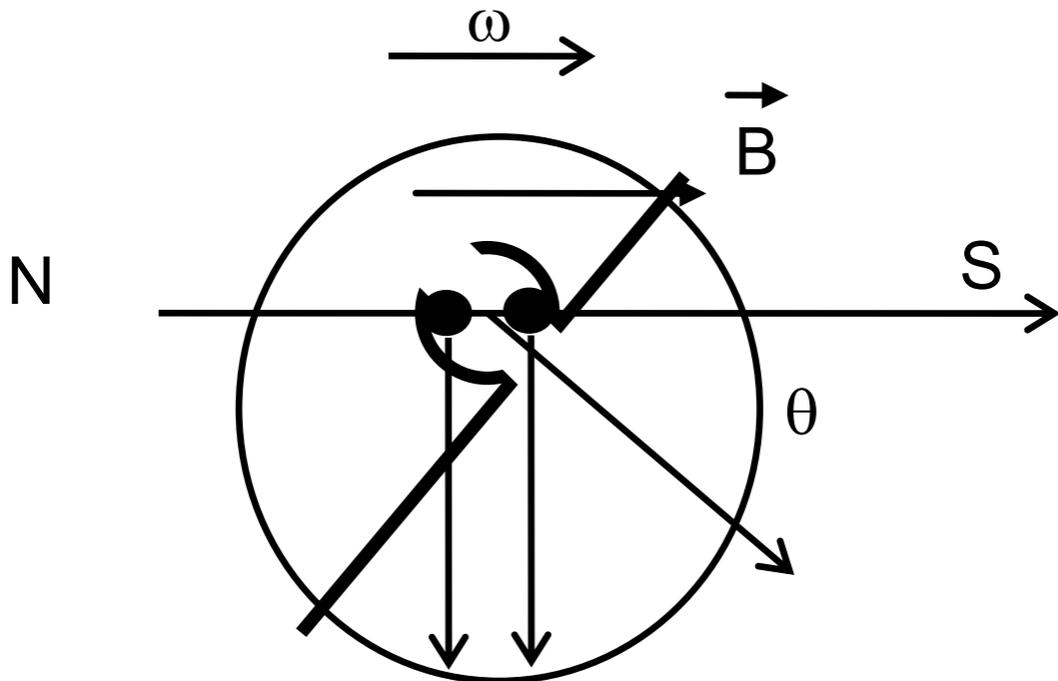
On constate, que s'il est alimenté par un générateur de tension continue, un moteur peut fournir de l'énergie mécanique à un système. Cette énergie mécanique se traduit par l'existence d'un couple de moment  $r$  qui peut tourner à la vitesse angulaire  $\omega$ .

La génératrice à courant continu, lorsqu'elle est entraînée par une source d'énergie mécanique, peut fournir un courant continu dans un circuit électrique. Cette énergie électrique se traduit par l'existence d'une tension et d'une intensité continues.



La même machine peut fonctionner en moteur ou en génératrice. L'expression de la f.e.m :  $e$  dans une spire est donnée par la loi de Faraday :

$$e = -\frac{d\varphi}{dt}$$



Le flux  $\varphi$  dans une spire est une fonction sinusoïdale du temps. Il dépend de la vitesse de rotation  $\omega$  de la spire.

Si on appelle  $\Phi$  le flux maximal passant dans une spire, à une date  $t$ , et si la normale à la spire fait un angle  $\theta = \omega t$  avec l'axe du repère du mouvement (colinéaire au champ magnétique  $\vec{B}$ ), le flux  $\varphi$  a pour expression :

$$\varphi = \Phi \cos(\omega t)$$

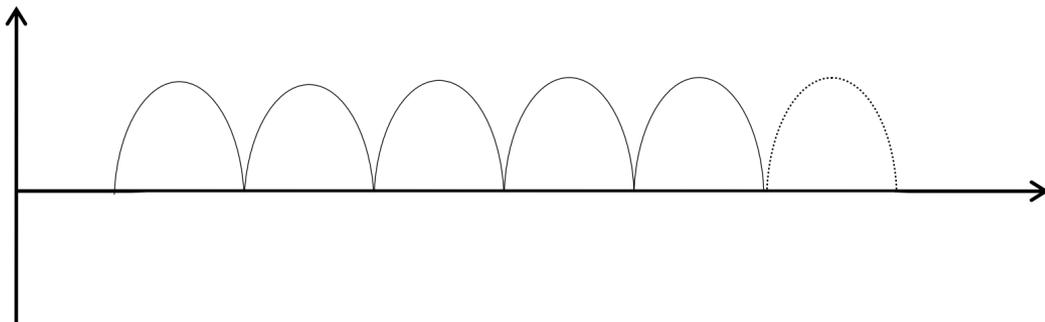
La loi de Faraday donne :

$$e = \Phi \omega \sin(\omega t)$$

Rôle du collecteur :

Si les balais sont placés dans l'axe des pôles, chaque passage de la spire par une position orthogonale à cette direction change le signe de la tension  $e$  entre les balais.

Comme  $e$  change de signe en même temps que la valeur de  $\sin(\omega t)$ , les deux effets se compensent : le collecteur joue le rôle d'un dispositif redresseur et la tension a cet aspect :



La valeur moyenne  $E$  de cette fonction sinusoïdale redressée est :

$$E = \frac{2}{\pi} \Phi \omega$$

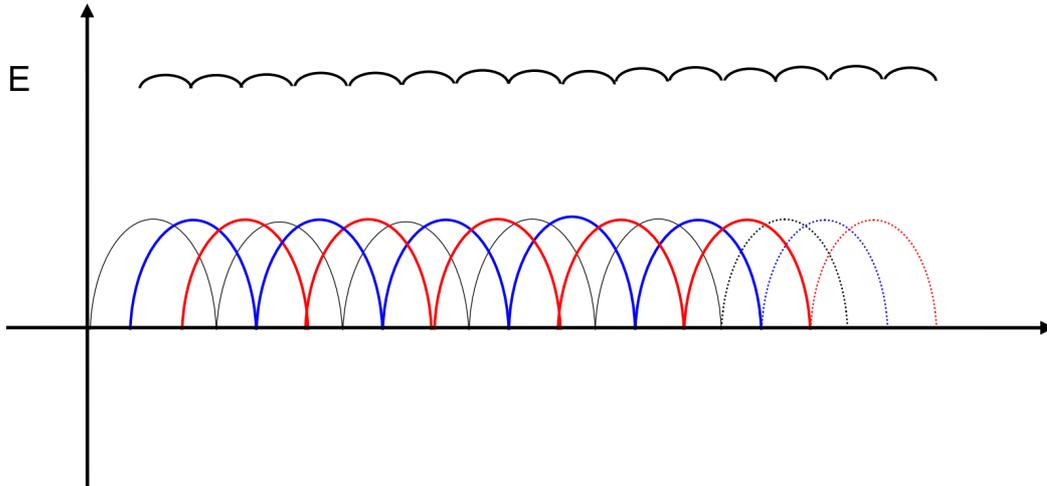
ou

$$E = k \Phi \omega$$

$E$  est proportionnel à la vitesse de rotation.

## Cas d'un moteur réel :

Les tensions dues aux  $N$  spires du moteur sont décalées tout autour de l'axe. Elles donnent des tensions qui sont progressivement déphasées les unes par rapport aux autres. Leur somme est une fonction ondulée qui tend à l'être d'autant moins que le nombre de spires et de pôles est plus grand (par exemple, deux paires de pôles ou davantage).



La f.e.m. de la machine est proportionnelle à la f.e.m. d'une spire et au nombre de tours de fils. Elle est de la forme :

$$E = N k \Phi \omega$$

Le nombre  $N$  de spires est choisi et les spires sont réparties sur toute la surface de l'induit dans des encoches et associées de façon à obtenir la tension totale la moins ondulée possible.

**Cette tension est proportionnelle à la vitesse de rotation.**

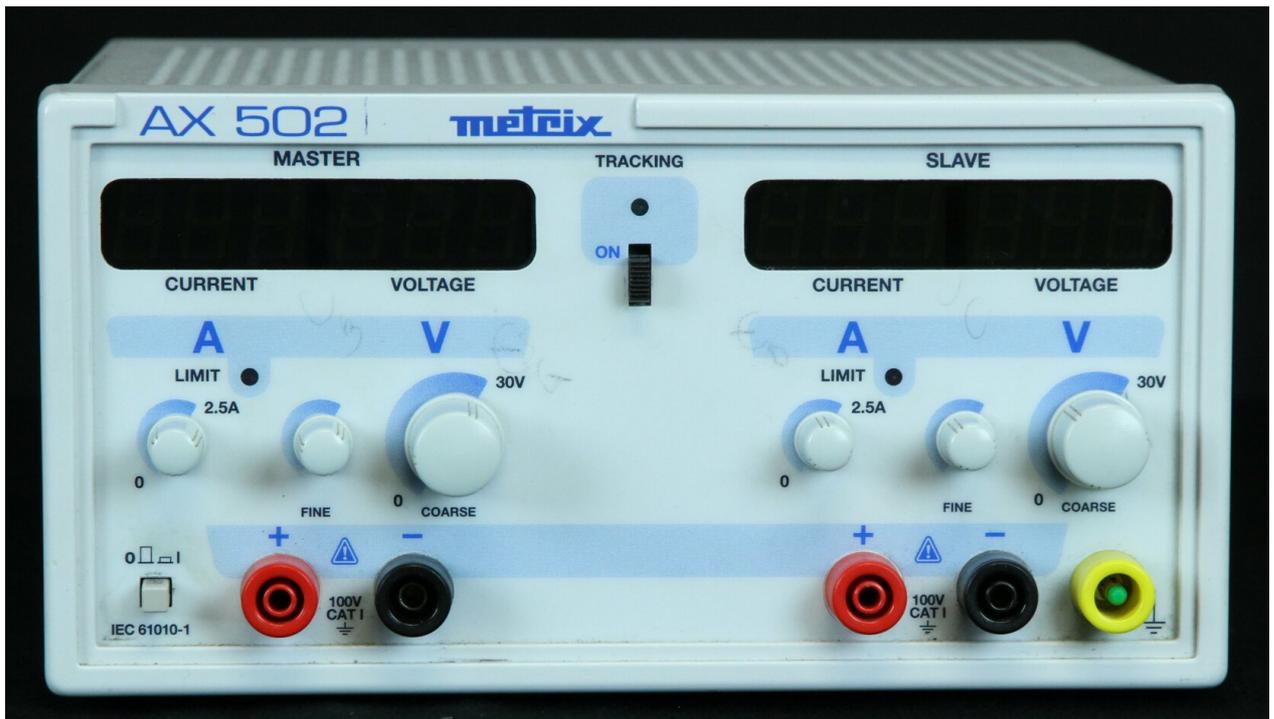
# Matériel



[cf. Matériels]

Pour réaliser les manipulations de ce TP nous aurons besoin de :

une alimentation stabilisée 1A 15 V

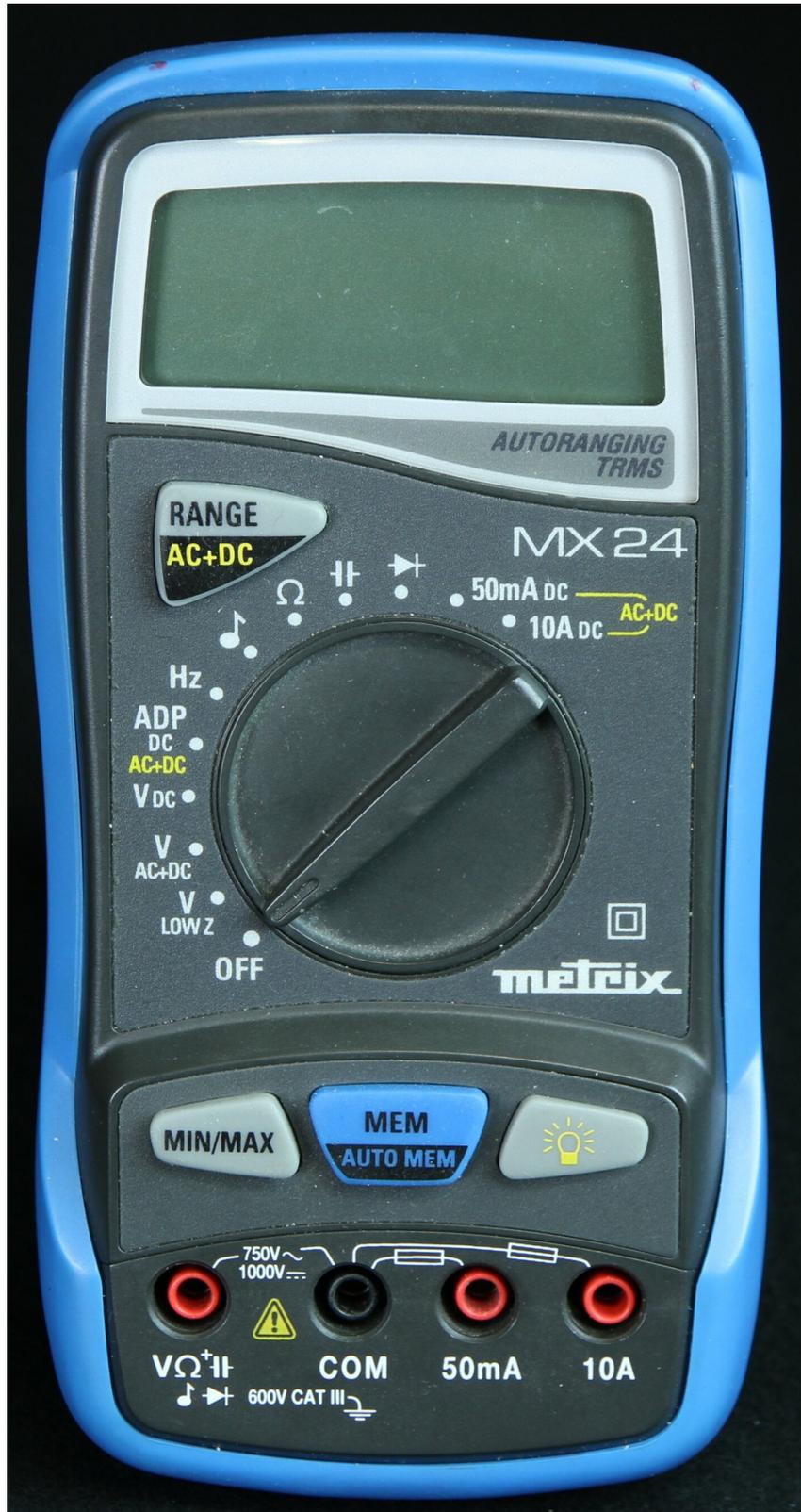


un oscilloscope ou un fréquencemètre



4 multimètres

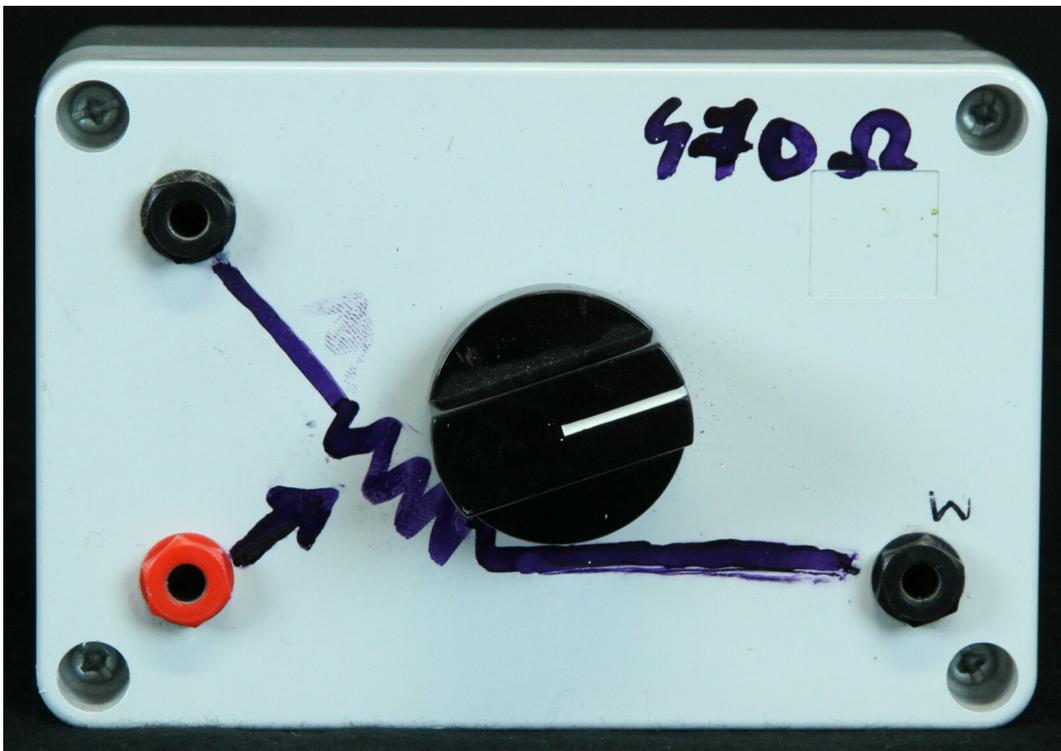




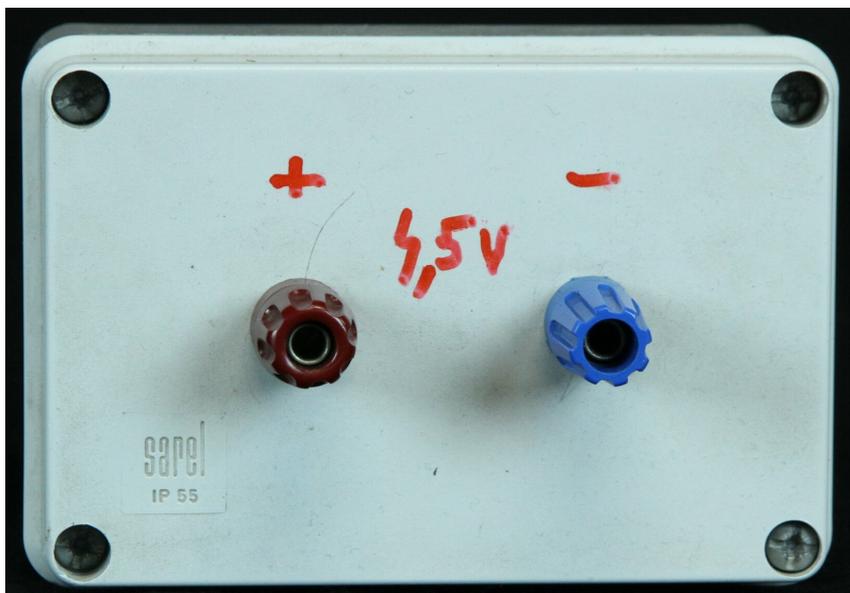
une résistance de 20 Ohms



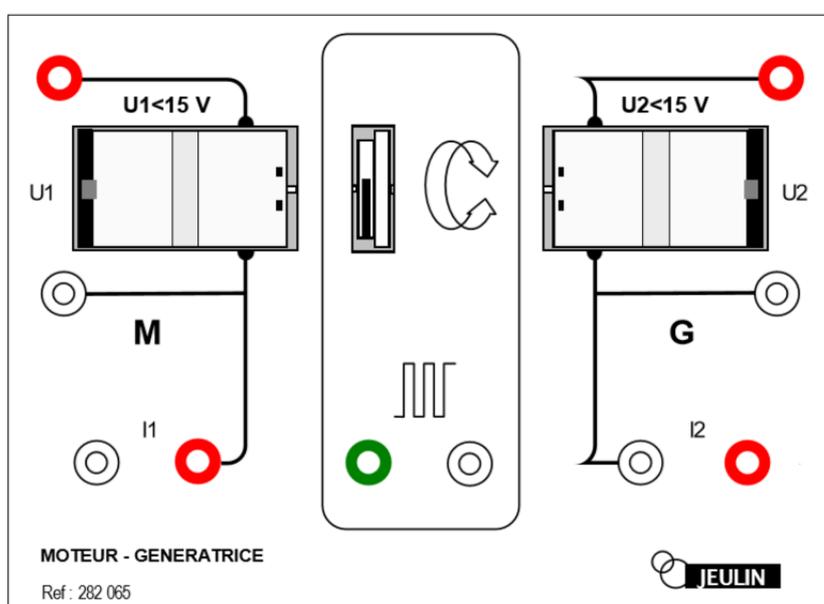
un potentiomètre de 470 Ohms



une pile Leclanché 4,5 V



1 module énergie et rendement constitué de deux moteurs électriques de petite puissance (valeurs nominales  $U = 12\text{ V}$ , vitesse de rotation à vide  $12000\text{ tr/min}$ )



Le schéma ci-dessus reproduit la face du module portant les bornes de branchement des 2 moteurs et du dispositif de mesure de la vitesse.

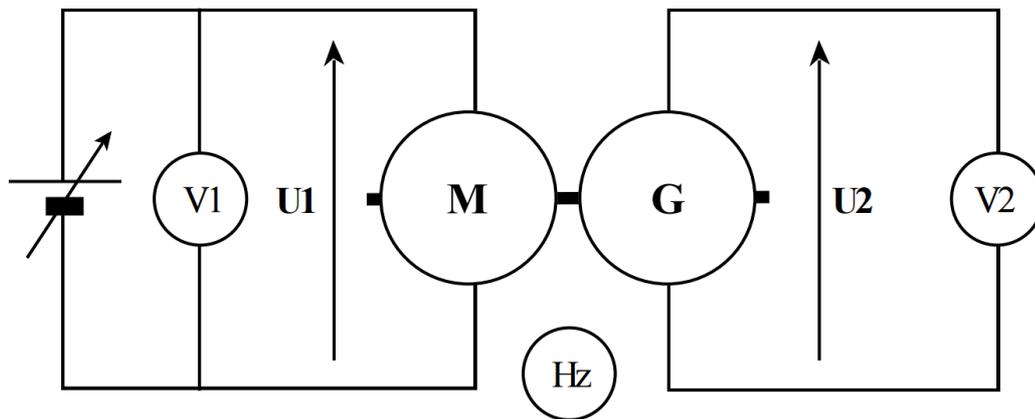
Le dispositif de mesure de la vitesse de rotation permet de connaître directement celle-ci, en tr/s, en branchant un fréquencemètre sur les bornes centrales (l'indication est alors donnée en Hz). A cet effet, les axes des deux moteurs sont couplés par un raccord. Un volant en aluminium est fixé sur ces axes. Il possède sur sa périphérie un secteur. La vitesse de rotation est mesurée par le comptage des impulsions captées par un opto-interrupteur fonctionnant par réflexion. (La lumière émise par une DEL à infrarouge est captée par un phototransistor, après réflexion sur la partie réfléchissante de la paroi du volant).

Une tension d'alimentation minimale de 3,5 V est nécessaire pour le fonctionnement du dispositif : elle correspond à une fréquence de rotation de 40 Hz environ, soit 2400 tr/min.

# Etude d'une génératrice à vide



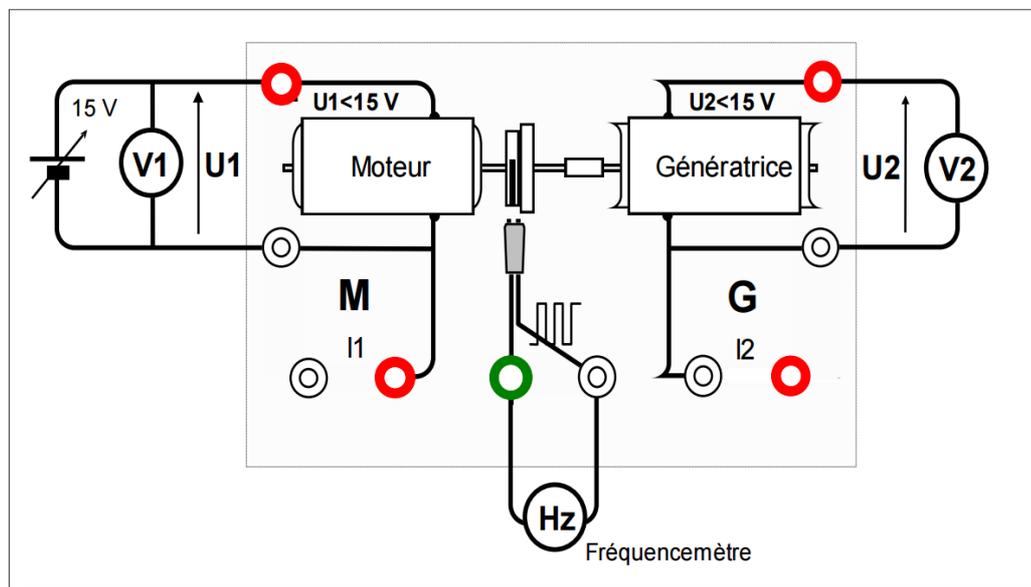
## Montage



Réaliser le montage ci-dessus.

[cf. Génératrice à vide]

Le montage qui a été réalisé peut également être représenté par le schéma suivant :



Deux multimètres sont installés en voltmètres aux bornes du moteur et de la génératrice.

Un autre multimètre fonctionne en fréquencemètre et mesure la fréquence de rotation (en Hz). On pourrait aussi mesurer cette fréquence à l'aide d'un oscilloscope.

## Protocole de mesures

Faire varier progressivement (approximativement de volt en volt) la tension  $U_1$  d'alimentation du moteur, de 3 Volts à 12 Volts environ, et relever les valeurs de la fréquence  $N$  de rotation, et des tensions  $U_1$  et  $U_2$ , que vous reporterez dans un tableau.

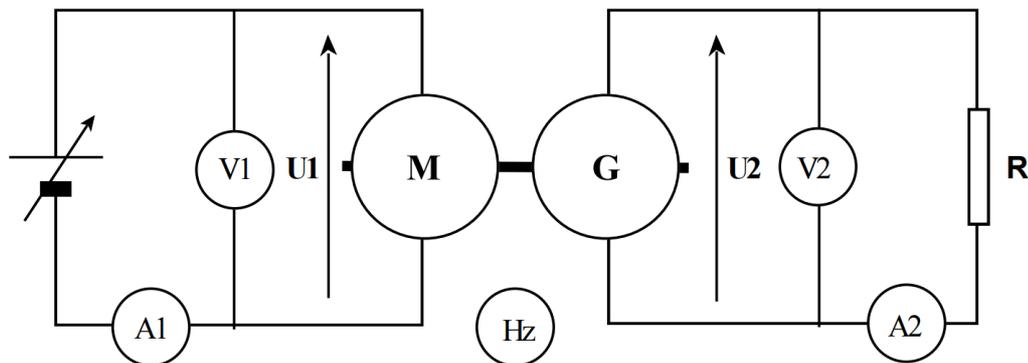
### Exploitation des résultats

- Tracer les graphes de  $U_1$  et  $U_2$  en fonction de N.
- Quelle est la nature des courbes obtenues?
- Que peut-on dire de la fréquence de rotation N par rapport à la tension d'alimentation  $U_1$  du moteur?
- Que peut-on dire de la tension  $U_2$  aux bornes de la génératrice par rapport à la fréquence de rotation N.
- Cette tension à vide  $U_2$  est la f.e.m (force électromotrice) de la génératrice notée E. Donner, en particulier, les valeurs de E pour N = 50Hz et pour N = 100Hz.

# Etude d'une génératrice en charge



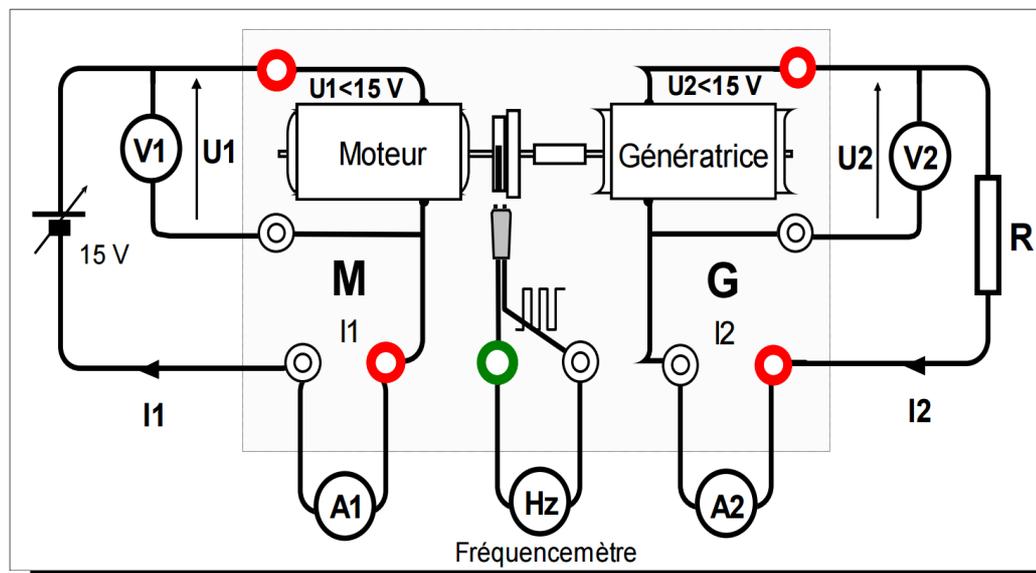
## Montage



Réaliser le montage ci-dessus.

[cf. Génératrice en charge]

Utiliser également le schéma ci-dessous pour réaliser le montage :



En plus des multimètres de l'étude précédente, on insère 2 ampèremètres pour mesurer les intensités dans les circuits du moteur et de la génératrice.

## Protocole de mesures

1. Mesurer à l'ohmmètre la valeur de la résistance de charge  $R$  placée dans le circuit de la génératrice (et noter la puissance admissible dans cette résistance) :  $R = 20\Omega$ .
2. Faire varier progressivement (de 4 Volts à 15 Volts environ) la tension  $U_1$  d'alimentation du moteur, et relever les valeurs de la fréquence  $N$  de rotation, des tensions  $U_1$  et  $U_2$  et des intensités  $I_1$  et  $I_2$ .

**Pour les tensions supérieures à la tension nominale (12V), il est conseillé de faire fonctionner le système uniquement pendant le temps nécessaire aux mesures.**

### Exploitation des résultats

- Tracer les graphes de  $U_1$  et  $U_2$  en fonction de N. Comparer aux graphes précédents.
- Rendement du moteur :

Une partie de la puissance électrique reçue par le moteur est transférée à la génératrice sous forme de puissance mécanique. Seule une partie de cette puissance mécanique reçue par la génératrice est transformée en puissance électrique dans la résistance R. En effet, dans le moteur comme dans la génératrice, une partie de la puissance reçue est transférée dans l'environnement sous forme de chaleur par effet Joule, par frottements mécaniques divers, ou par d'autres pertes, d'origine magnétique par exemple.

Le rendement est donné par le rapport  $\rho = \frac{P_2}{P_1}$

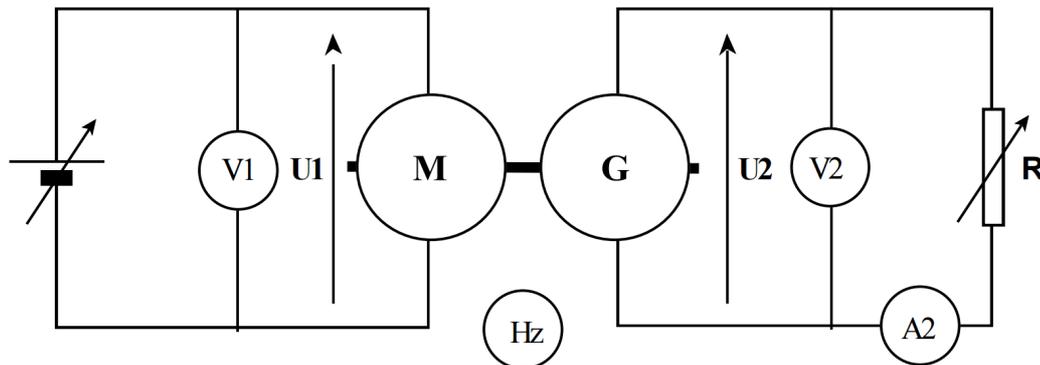
Tracer la courbe donnant le rendement en fonction de la vitesse N de rotation.

Que remarquez-vous?

# Caractéristique courant-tension d'une génératrice



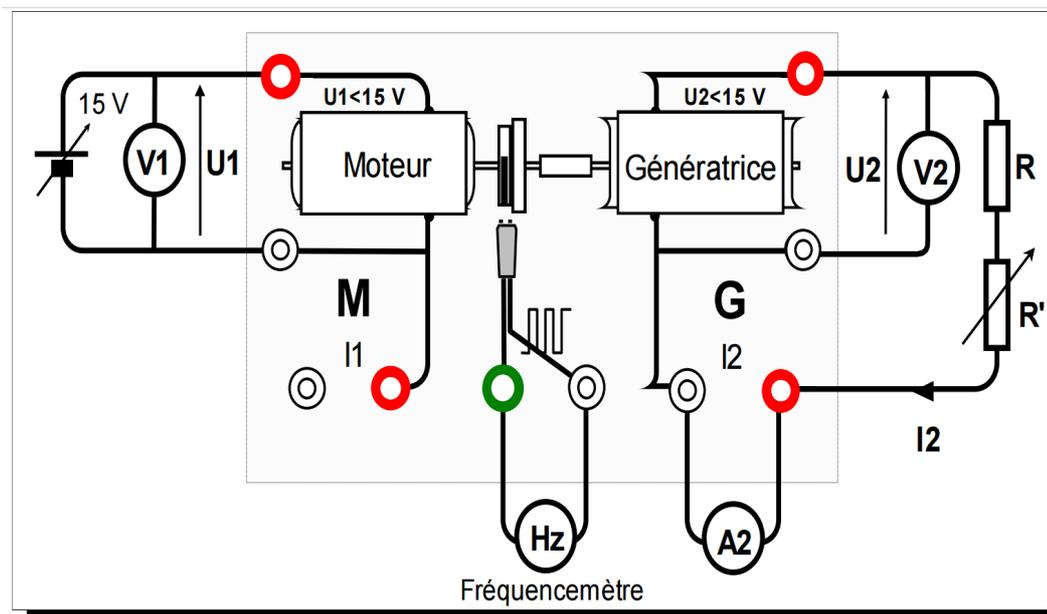
## Montage



Réaliser le montage ci-dessus.

Le montage sera identique au montage de la 2ème expérience sauf que nous rajouterons dans le circuit de la génératrice une résistance variable  $R'$  en série avec la résistance fixe  $R$ .

Référez-vous au schéma ci-dessous :



Deux multimètres sont installés en voltmètre aux bornes du moteur et de la génératrice. Un oscilloscope mesure la fréquence de rotation (en Hz). Un ampèremètre mesure l'intensité  $I_2$  du courant dans le circuit de la génératrice.

## Protocole de mesures

1. On ajustera la tension  $U_1$  d'alimentation du moteur, pour conserver, durant les mesures, une même valeur de la fréquence de rotation :  $N = 100\text{Hz}$ .

Le circuit électrique de la génératrice  $G$  comporte un ensemble de 2 résistances : l'une fixe ( $R = 20\Omega$ ) et l'autre  $R'$  variable.

2. Faire varier  $R'$  depuis sa valeur maximum jusqu'à zéro et relever les valeurs de  $U_2$  et  $I_2$  (en modifiant  $R'$  pour avoir des valeurs de  $I_2$ , espacées d'environ 10 à 20mA)

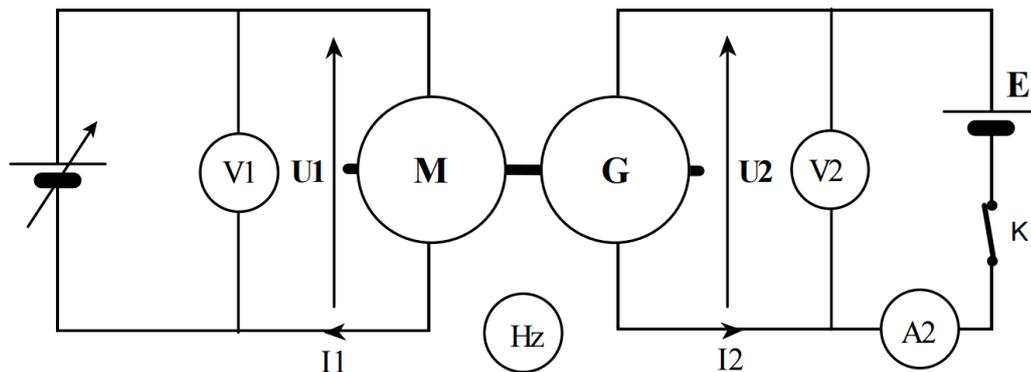
### Exploitation des résultats

- Tracer la courbe  $U_2 = E - r I_2$ , où  $E$  et  $r$  sont respectivement la f.e.m. et la résistance interne de la génératrice.
- Déterminer, à partir du graphe ci-dessus, les valeurs de  $E$  et  $r$ .

# Réversibilité d'une machine tournante



## Montage

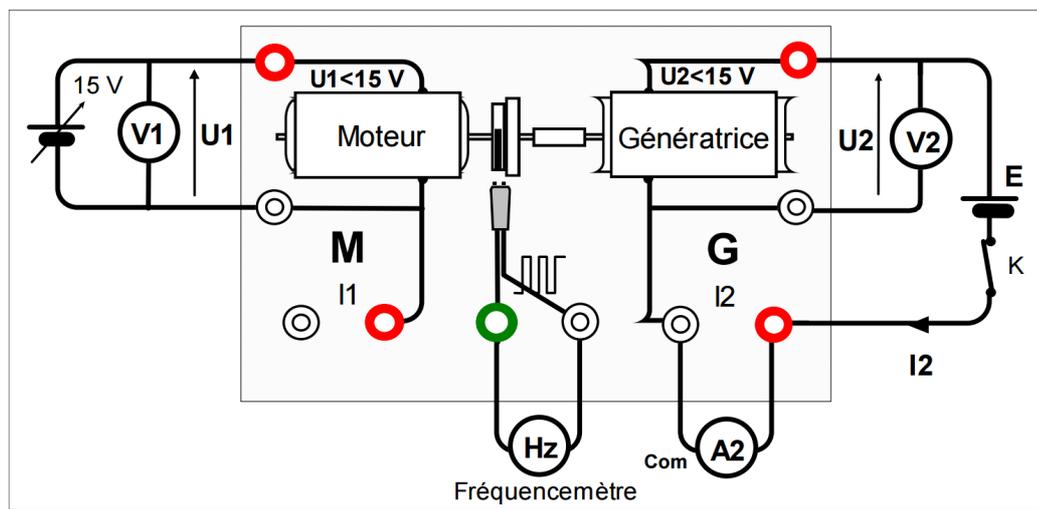


[cf. Génératrice réversibilité]

Réaliser le montage ci-dessus qui est pratiquement le même que les deux montages précédents sauf qu'ici la résistance fixe et la résistance variable ont été remplacés par un générateur pile Leclanché de 4,5 V en série avec un interrupteur.

L'ampèremètre du circuit moteur a été retiré.

Référez-vous au schéma suivant :



- Deux multimètres sont installés en voltmètres aux bornes du moteur et de la génératrice. Un autre multimètre fonctionne en fréquencemètre et mesure la fréquence de rotation (en Hz). Un 4ème multimètre, utilisé en ampèremètre, mesure l'intensité  $I_2$  du courant dans le circuit de la génératrice (on reliera, comme sur le schéma, la borne **com** sur la borne blanche et l'entrée **mA** sur la borne rouge de la maquette étudiée).
- Une pile de f.e.m. voisine de 4.5 V est placée en opposition par rapport à la génératrice. Un interrupteur K permet de fermer ou d'ouvrir le circuit électrique de la génératrice.

- Lorsque l'alimentation stabilisée branchée aux bornes du moteur ne fonctionne pas, la pile oblige la génératrice G à fonctionner en moteur et à entraîner le moteur M. L'intensité  $I_2$  est alors négative. Si on fait varier régulièrement la tension d'alimentation  $U_1$  du moteur à partir de zéro, l'intensité  $I_2$  (encore négative) diminue en valeur absolue, puis s'annule (pour une certaine valeur de  $U_1$ , et devient ensuite positive, et continue à croître).

### Protocole de mesures

Varié la tension  $U_1$  d'alimentation du moteur, depuis environ 4 V jusque 7 V, de manière à obtenir, pour  $I_2$ , une dizaine de valeurs régulièrement espacées d'environ 20mA, entre -190 mA et +190 mA, en restant toujours sur le même calibre (200 mA) de l'ampèremètre. Au cours de cette variation, relever les valeurs de  $U_2$  et celles de  $I_2$ .

### Exploitation des résultats

Tracer le graphe  $U_2 = f(I_2)$ . Interpréter.

# Manipulations virtuelles

---



## Remarque :

Grâce aux animations qui suivent, qui ne sont qu'une mise en musique de photos prises à partir de la vraie manipulation, vous aurez la possibilité de faire les mesures comme si vous étiez en train de les relever sur la vraie manipulation.

## 1. Etude de la génératrice à vide

[cf. Etude d'une génératrice à vide]

## 2. Etude de la génératrice en charge

[cf. Etude d'une génératrice en charge]

## 3. Caractéristique courant-tension d'une génératrice

[cf. Caractéristique courant-tension d'une génératrice]

## 4. Réversibilité d'une machine tournante

[cf. Réversibilité d'une machine tournante]

# Bibliographie

---



Préparer et rédiger un TP

- *comment préparer un TP [cf. Comment preparer un TP.pdf]*
- *rédiger un compte-rendu de TP [cf. Comment rédiger un CR.pdf]*

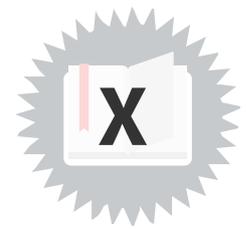
Ressources concernant EXCEL: "Utilisation d'EXCEL pour les scientifiques par Alain Perche (Maître de conférences à l'Université de Lille1

*1 ère partie [cf. ANNEXCEL2005.pdf]*

*2 ème partie [cf. ANNEXCEL2005\_ch2.pdf]*

# Crédits

---



## **Auteurs :**

Yves Quiquempois professeur à l'IUT Université Lille1

mel : yves.quiquempois@univ-lille1.fr

## **Conception technique :**

Eric Lutun

mel : Eric.Lutun@univ-lille1.fr

## **Réalisation :**

Bernard Mikolajczyk (SEMM Université de Lille1), réalisation des vidéos

mel : bernard.mikolajczyk@univ-lille1.fr

Jean-Marie Blondeau (SEMM Université de Lille1), réalisation du site

mel : jean-marie.blondeau@univ-lille1.fr

## **Moyens techniques :**

Service Enseignement et Multi Media (SEMM<sup>1</sup>) Université de Lille1



---

<sup>1</sup>semm.univ-lille1.fr