

Déclaration CE de conformité
aux exigences de la directive 89/336/CEE
"Compatibilité ElectroMagnétique"

Nous déclarons sous notre seule responsabilité que le produit :

We declare under our own responsibility, that the following product :

Declaramos bajo nuestra unica responsabilidad que el producto :

MOTEUR-GENERATRICE

ref : 282 065

est conforme au modèle décrit dans le Dossier Technique de Construction :

is in accordance with the model described in the Technical Construction File :

es conforme al modelo descrito en el Dossier Técnico de Construcción :

DTC 95/282065

dont la conformité est attestée par l'Organisme Compétent :

which conformity is attested by the Competent Body :

cuya conformidad es atestiguada por el organismo competente :

EMITECH

3 rue des Coudriers

ZA de l'Observatoire

78180 Montigny Le Bretonneux

Evreux, novembre 95



D GERARD

Directeur Technique

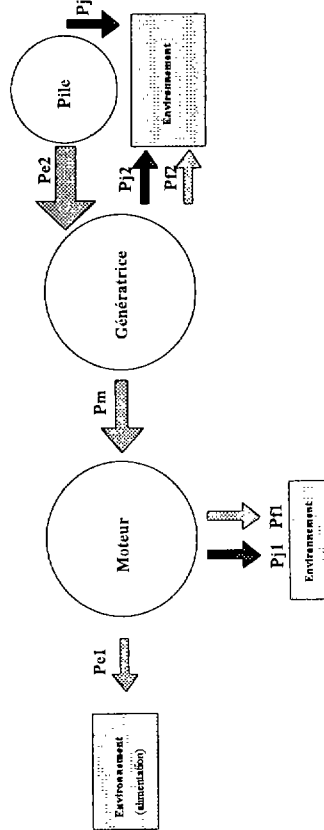


JY FRIBOULET

Responsable Qualité

4 - Diagrammes de transferts d'énergie dans le circuit

① Le courant i_2 est négatif : la génératrice se comporte comme un moteur. Elle fournit de la puissance mécanique au moteur M. Celui-ci joue alors le rôle d'une génératrice et transfère lui-même de l'énergie électrique à la source qui l'alimente.

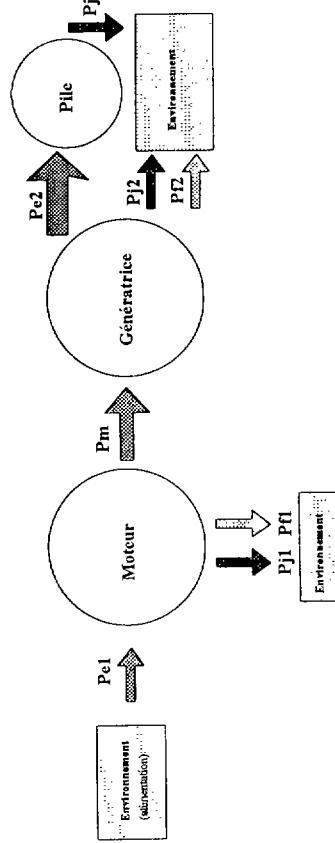


Conservation de la puissance :

$$Pe2 = Pj1 + Pm + Pj2 + Pf2$$

P_m est la puissance mécanique transférée par la génératrice vers le moteur. Elle est transformée en puissance électrique $Pe2$ dans le moteur M. Dans le moteur comme dans la génératrice ou la pile, une partie de la puissance est transférée vers l'environnement sous forme de chaleur : P_j , P_{j1} ou P_{j2} (par effet Joule). P_{f1} et P_{f2} sont des pertes par frottement ou autres origines (magnétiques en particulier).

② Le courant i_2 est positif : la génératrice se comporte comme un générateur. Elle reçoit de la puissance mécanique P_m venant du moteur M et fournit de l'énergie électrique. La pile devient un récepteur. Les pertes restent de même nature.



Conservation de la puissance :

$$P_m = Pe2 + Pj1 + Pf1 + Pj2 + Pf2$$

MOTEUR ET GENERATRICE

MOTEUR ET GENERATRICE

REF : 282 065

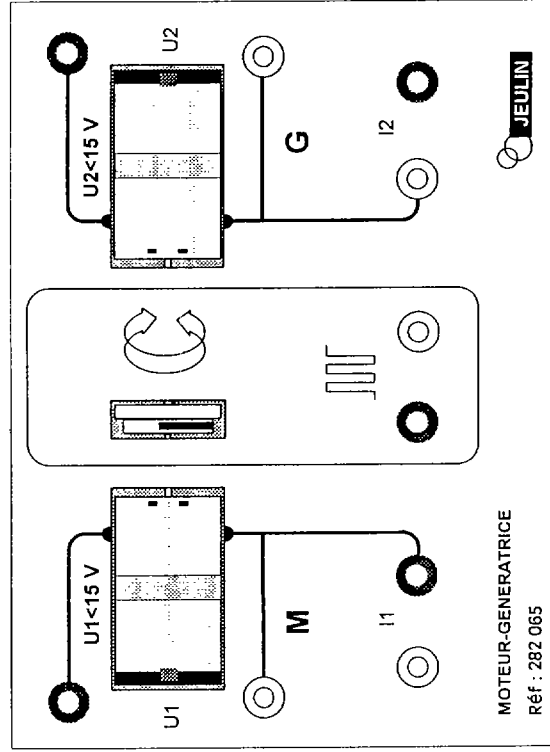
MOTEUR ET GENERATRICE est un appareil destiné à l'étude expérimentale d'une chaîne énergétique. Il permet en particulier :

- 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, à 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.

I - DESCRIPTION

Le module ENERGIE ET RENDEMENT est constitué :

- d'un moteur électrique de petite puissance - appelé M - dont les valeurs nominales sont une tension de 12 V et une vitesse de rotation à vide de 12000 tr/min.
- d'un second moteur identique au précédent - appelé G - qui fonctionne en génératrice. Son axe est solidaire de celui du moteur M.
- d'un dispositif de mesure de la vitesse commune de rotation.



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.

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.

II - MISE EN SERVICE

2.1. Matériels nécessaires

Deux ou quatre multimètres (type CL 2065 par exemple)	Réf. : 291 128 P
Un fréquencemètre FJ-2	Réf. : 291 140 P
ou un multimètre CL 2065 utilisé en fréquencemètre	Réf. : 291 128 P
Une alimentation Evolution R15F5	Réf. : 291 088 P
Un potentiomètre de 470 Ω - 3 W	
Une résistance de 22 Ω 5 W	
Une pile Leclanché de 4,5 V	

2.2. Matériels complémentaires

Le logiciel ACT/LAB	Réf. : 000 813 P
Un micro-ordinateur et ses périphériques	

2.3. Mise en place

2.3.1 - Le MODULE MOTEUR-GENERATRICE est utilisé avec une alimentation stabilisée variable pouvant débiter jusqu'à 1 A sous 15 V.

Remarque : La tension nominale du moteur étant de 12 V, il faut éviter de dépasser cette tension. L'emploi d'une alimentation pouvant débiter jusqu'à 30 V doit se faire avec précaution.

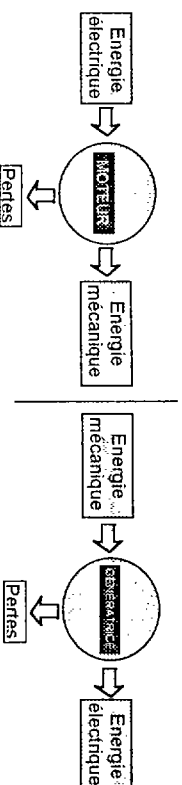
La tension maximale admissible est de l'ordre de 16 V.

2.3.2 - Pour l'étude de la génératrice en charge, il faut utiliser un potentiomètre d'environ 470 Ω - 3 W, en série avec une résistance "talon" de 22 Ω - 5 W.

III - LES MACHINES A COURANT CONTINU

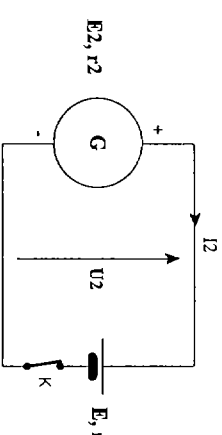
① Une machine à courant continu est un convertisseur d'énergie.

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



3 - Interprétation

① Schéma simplifié du circuit génératrice-pile.



Le sens du courant a été fixé arbitrairement. Tel qu'il a été choisi, la génératrice fonctionne en générateur et la pile en récepteur. En utilisant les lois d'Ohm pour un générateur et un récepteur, la tension U_2 s'écrit :

$$U_2 = E_2 - r_2 \cdot I_2$$

$$\text{donc } I_2 = (E_2 - E) / (r + r_2)$$

$$U_2 = E - r \cdot I_2$$

- Si la f.e.m. E_2 de la génératrice G est inférieure à la f.e.m. E de la pile ($E > E_2$), alors l'intensité I_2 du courant est négative. Le sens du courant indiqué sur le schéma n'est pas le bon. Dans ce cas, c'est la pile qui joue le rôle de générateur, et la génératrice fonctionne en récepteur (moteur).

- Si la f.e.m. E_2 de la génératrice G est supérieure à la f.e.m. E de la pile ($E < E_2$), alors l'intensité I_2 du courant est positive. Le sens du courant proposé sur le schéma est correct. Dans ce cas c'est la génératrice qui fonctionne en générateur et la pile joue le rôle de récepteur.

- Lorsque l'intensité I_2 du courant est nulle, les deux f.e.m. E_2 de la génératrice G et E de la pile Leclanché qui se trouvent placées en opposition sont égales.

- Cette étude simple n'est qu'approchée. Elle suppose que la génératrice garde la même f.e.m. lorsqu'elle se comporte en génératrice et lorsqu'elle se comporte en moteur, ce qui n'est pas le cas. On peut juste affirmer que $E_2 = E$ lorsque l'intensité I_2 est nulle.

③ Conclusion

Une machine tournante est passée progressivement du rôle de récepteur au rôle de générateur. Elle est réversible :

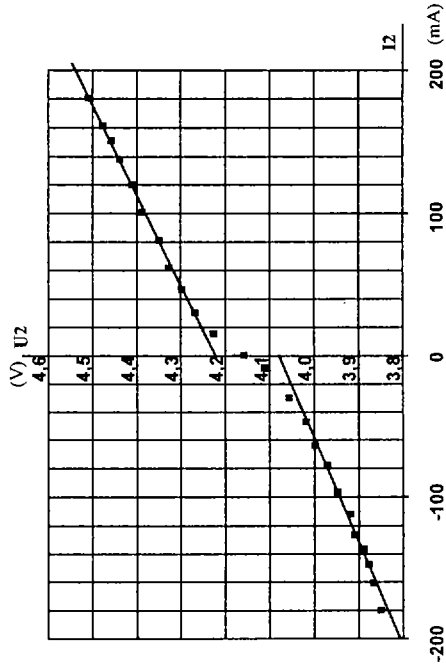
- elle se comporte comme un moteur si on lui fournit de l'énergie électrique
- elle se comporte comme un générateur si on lui fournit de l'énergie mécanique

Remarque : Les mesures et les résultats obtenus peuvent varier d'une série de moteurs à l'autre.

3ème étape : l'exploitation des mesures

1 - Tension aux bornes de la génératrice en fonction de la vitesse de rotation

- ① Courbe donnant la tension aux bornes de la génératrice en fonction de la vitesse de rotation :



- ② Observations :

On constate que la courbe $U_2 = f(I_2)$ est constituée de deux demi-droites ne passant pas par l'origine.

Les deux demi-droites ont approximativement la même pente mais ne sont pas tout à fait dans le prolongement l'une de l'autre.

2 - Modélisation

Les demi-droites observées sont modélisées par les expressions :

$U_2 = E_{2b} + r_{2b} \cdot I_2$	et	$U_2 = E_{2b} + r_{2b} \cdot I_2$
-----------------------------------	----	-----------------------------------

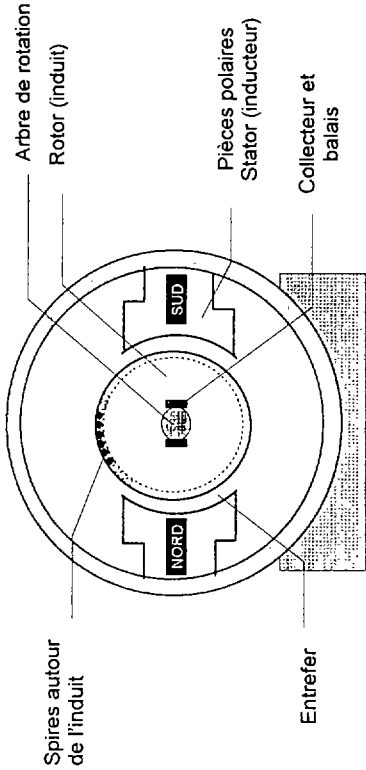
$I_2 < 0$	ordonnée à l'origine de la courbe	$E_{2b} = 4,09 \text{ V}$
	coefficient directeur de la courbe	$r_{2b} = 1,42 \Omega$
$I_2 > 0$	ordonnée à l'origine de la courbe	$E_{2b} = 4,23 \text{ V}$
	coefficient directeur de la courbe	$r_{2b} = 1,56 \Omega$

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

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.

- ② Description de la machine à courant continu :



- ③ Fonctionnement réduit à une seule spire

- L'expression de la f.e.m. dans une spire est donnée par la loi de Faraday :

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

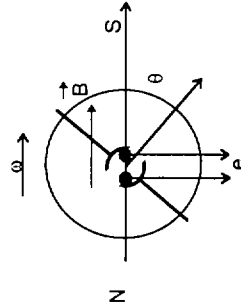
Le flux ϕ dans une spire est une fonction sinusoïdale du temps. Il dépend de la vitesse de rotation ω de la spire.

Si on appelle ϕ 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 repère du mouvement (colinéaire au champ magnétique B), le flux ϕ a pour expression :

$$\phi = \Phi \cdot \cos(\omega t)$$

La loi de Faraday donne

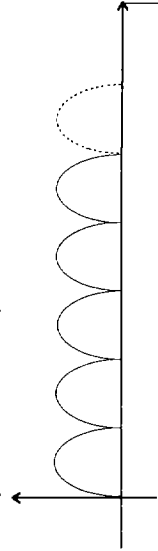
$e = \Phi \omega \cdot \sin(\omega t)$
--



- 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 avec 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 :



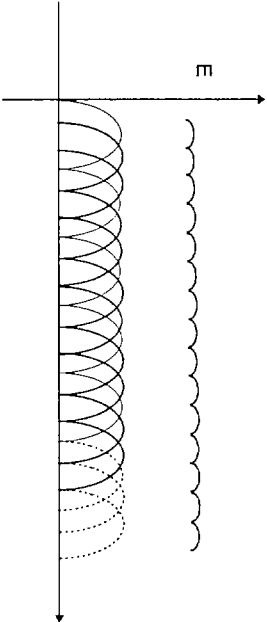
la valeur moyenne E de cette fonction sinusoïdale redressée est :

$E = 2/\pi \cdot \Phi \cdot \omega$ ou $E = k \cdot \Phi \cdot \omega$

E est proportionnel à la vitesse de rotation.

④ 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 :

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

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.

2ème étape : le protocole

① Une pile Leclanché de f.e.m. voisine de E=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.

② Lorsque l'alimentation stabilisée dans le circuit du moteur ne fonctionne pas, la pile oblige la génératrice G à fonctionner en moteur et à entraîner le moteur M. L'intensité I₂ dans le circuit de la génératrice, est alors *négative* si on branche l'ampèremètre A2 comme indiqué sur le schéma (Commun sur la borne blanche, entrée mA sur la borne rouge)

On fait varier régulièrement la tension d'alimentation du moteur M à partir de zéro. L'intensité I₂ dans le circuit de la génératrice, est toujours *négative*, cependant, elle diminue en valeur absolue et se rapproche de zéro. Pour une certaine valeur de la tension d'alimentation U₁ du moteur M, l'intensité I₂ bascule, devient positive et continue à croître.

③ On relève les valeurs de U₁, de U₂ et de I₂
On choisit pour I₂ des valeurs espacées d'environ 10 à 20 mA en restant toujours sur le même calibre de 200 mA de l'ampèremètre.
Les valeurs I₂ varient donc entre environ - 190 mA et +190 mA.

Parallèlement, on relève les valeurs de la fréquence f de rotation du système. La mesure de f n'est possible que pour une tension d'alimentation du moteur M voisine de 3,5 V. La fréquence f est alors de l'ordre de 40 Hz au départ des mesures.

Le tableau des mesures est le suivant :

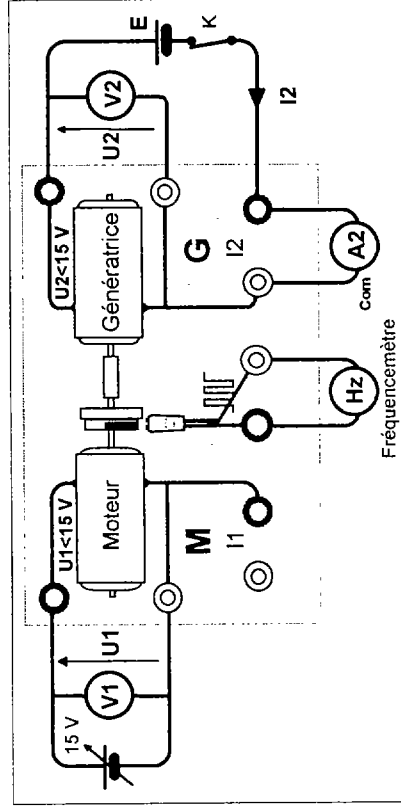
f (Hz)	U ₁ (V)	I ₂ (mA)	U ₂ (V)	f (Hz)	U ₁ (V)	I ₂ (mA)	U ₂ (V)
42	3,67	-180	3,85	56	5,25	0	4,16
43	3,83	-161	3,87	58	5,48	+15	4,23
44	3,94	-148	3,88	59	5,62	+30	4,27
45	4,02	-137	3,89	60	5,76	+46	4,30
45	4,13	-127	3,91	62	5,88	+61	4,33
46	4,25	-113	3,92	63	6,05	+80	4,35
48	4,36	-97,2	3,95	65	6,22	+100	4,39
49	4,52	-79	3,97	66	6,36	+119	4,41
50	4,65	-64	4,00	67	6,55	+138	4,44
51	4,80	-48	4,02	68	6,65	+150	4,46
53	4,96	-30	4,06	69	6,74	+161	4,48
54	5,10	-15	4,10	71	6,93	+180	4,51

4.4 Réversibilité d'une machine tournante

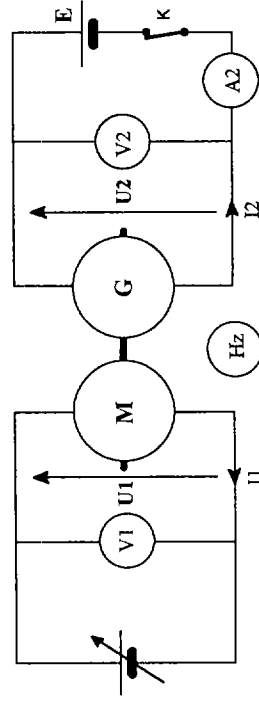
Le but de la manipulation est de montrer qu'un moteur peut se comporter en génératrice et inversement qu'une génératrice peut devenir un moteur.

1ère étape : le montage

On réalise le montage représenté par le schéma ci-dessous. Deux multimètres sont installés en voltmètres aux bornes du moteur et de la génératrice. Un autre multimètre est utilisé en milliampermètre pour mesurer l'intensité dans le circuit de la génératrice. Un dernier contrôleur fonctionne en fréquencemètre et mesure la vitesse de rotation (en Hz).



Le schéma de ce montage est représenté par :



Matériel :

- le module MOTEUR-GENERATRICE
- une pile Leclanché de 4,5 V
- un interrupteur
- un fréquencemètre
- une alimentation stabilisée variable 0/15 V
- le logiciel ACT/LAB
- un micro-ordinateur et ses périphériques

Remarque : Le voltmètre V1, en dérivation sur le moteur M sert uniquement à contrôler la tension appliquée pour éviter toute surcharge du moteur. Ici, les tensions atteintes (entre 3 V et 8 V environ) sont inférieures à la tension maximale. Le voltmètre V1 peut alors être supprimé.

MOTEUR ET GENERATRICE

IV - MANIPULATIONS

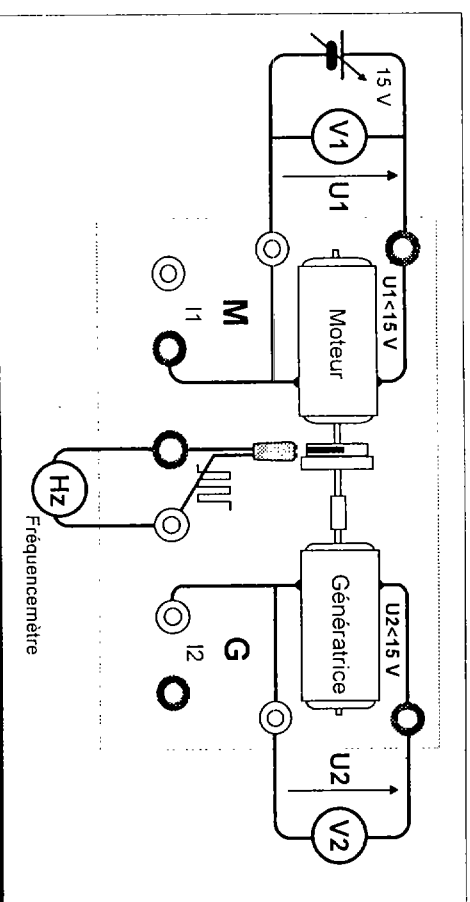
- ① La première partie de ce recueil de manipulations est destiné au professeur. Elle regroupe quelques manipulations réalisées avec le MODULE MOTEUR GENERATRICE. Les résultats numériques et les courbes qui y figurent proviennent de mesures réelles. Cependant, celles-ci ont été réalisées dans des conditions quelconques et peuvent différer des mesures personnelles observées par les expérimentateurs : les mesures qui suivent ne sont donc que des exemples.
En particulier, elles dépendent de la série de moteurs utilisés.
- ② La deuxième partie du recueil reprend les expériences de la première partie sous la forme de fiches de travaux pratiques directement utilisables par le professeur dans sa classe ou facilement modifiables. Dans le texte destiné aux élèves, des questions sont fréquemment posées : elles correspondent souvent aux remarques concernant les observations, les résultats expérimentaux et les conclusions de la première partie.
- ③ Précautions d'emploi : La tension d'utilisation nominale des moteurs est 12 V. Il est possible de dépasser cette valeur, sans dépasser 15 V pendant peu de temps pour éviter un échauffement préjudiciable des moteurs. La mesure de la résistance interne du moteur est réalisée moteur bloqué. Il est impératif ici d'opérer à très basse tension, durant peu de temps et sans dépasser une tension de 1 à 2 V.

4.1 Etude d'une génératrice à vide

Le but de la manipulation est le tracé de la courbe représentant la tension à vide d'un moteur fonctionnant en génératrice, en fonction de la vitesse de rotation.

1ère étape : le montage

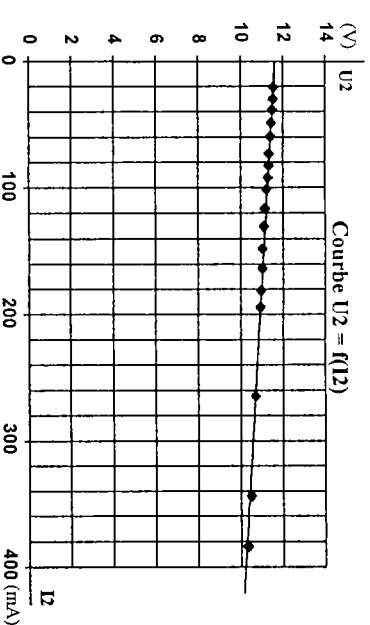
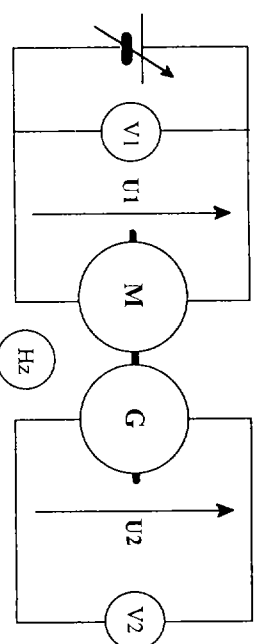
On réalise le montage représenté ci-dessous. Deux multimètres sont installés en voltmètres aux bornes du moteur et de la génératrice. Un autre multimètre fonctionne en fréquencemètre et mesure la vitesse de rotation (en Hz). Celle-ci peut également être mesurée à l'aide d'un oscilloscope.



Matériel :

- le module MOTEUR-GENERATRICE
- deux multimètres
- un fréquencemètre ou un oscilloscope
- une alimentation stabilisée variable 0/15 V
- le logiciel ACT/LAB
- un micro-ordinateur et ses périphériques

Le schéma de ce montage est représenté par :



3ème étape : l'exploitation des résultats

1 - Caractéristique Intensité-tension de la génératrice

- La droite obtenue peut être modélisée par la fonction

L'ordonnée à l'origine E a pour valeur :

Le coefficient directeur r a pour valeur :

$$U_2 = E - r \cdot I_2$$

$$E = 11,6 \text{ V}$$

$$r = 3,3 \Omega$$

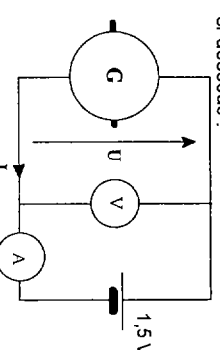
- E est la f.e.m. et r est la résistance propre de la génératrice

2 - Mesure directe de la résistance propre de la génératrice

- La résistance propre de la génératrice est celle des enroulements de la machine. Il est possible de la mesurer directement à l'aide d'un ohmmètre : la génératrice étant débranchée. Il faut réaliser plusieurs mesures successives en tournant à la main l'arbre du moteur afin d'éviter les mauvais contacts dus à la position des balais sur le collecteur.

On trouve une valeur moyenne $r = 3,3 \Omega$ pour un ensemble de 10 mesures.

- Une autre méthode de mesure consiste à réaliser un circuit contenant la génératrice en série avec une pile de 1,5 V et des appareils de mesure comme l'indique le schéma ci-dessous :



Quelques mesures de U et I donnent - **moteur bloqué** - et pour diverses positions de l'arbre : $r = UI/I$.

On trouve, en moyenne, $U = 1,58 \text{ V}$ et $I = 0,46 \text{ A}$ soit une valeur

$$r = 3,43 \Omega$$

Remarque : Les mesures et les résultats obtenus peuvent varier d'une série de moteurs à l'autre.

2ème étape : le protocole

- ① On choisit une vitesse de rotation qui sera conservée durant les mesures. Deux séries de mesures sont réalisées par la suite pour deux vitesses de rotation

$$f_1 = 80 \text{ Hz} \quad \text{et} \quad f_2 = 160 \text{ Hz}$$

Pendant les mesures, le fréquencemètre sert à vérifier la constance de la vitesse. Celle-ci est ajustée au besoin en agissant sur la tension délivrée par l'alimentation stabilisée. Le voltmètre V_1 sert surtout à vérifier que la tension U_1 n'augmente pas dangereusement, pour la fréquence de 80 Hz, il n'y a aucun danger et on peut se passer du voltmètre V_1 .

- ② Le circuit électrique de la génératrice G utilise un ensemble de deux résistances, $R=22 \Omega - 5 \text{ W}$ (résistance « talon ») et une résistance variable $R'=470 \Omega - 3 \text{ W}$.

On fait varier régulièrement R' , depuis sa valeur la plus grande jusqu'à zéro.

On relève les valeurs de U_2 et de I_2 (en choisissant pour I_2 des valeurs espacées d'environ 10 à 20 mA)

- ③ Le tableau des mesures est le suivant :

Vitesse = 80 Hz				
I_2 (mA)	U_2 (V)	I_2 (mA)	U_2 (V)	
11,0	5,92	101	5,65	
20,0	5,91	112	5,62	
30,4	5,88	125	5,59	
40,3	5,82	135	5,57	
50,7	5,78	147	5,54	
60,4	5,76	164	5,50	
70,4	5,75	176	5,45	
81,0	5,70	188	5,43	
90,2	5,68			

Vitesse = 160 Hz				
I_2 (mA)	U_2 (V)	I_2 (mA)	U_2 (V)	
21,5	11,57	116	11,22	
30,4	11,54	130	11,12	
39,3	11,53	148	11,10	
49,0	11,44	164	11,05	
59,1	11,44	181	11,01	
72,8	11,37	194	10,96	
82,2	11,35	264	10,75	
92,0	11,29	344	10,51	
101	11,27	384	10,36	

- ④ On copie ces valeurs dans le tableau du logiciel ACTILAB (ce qui peut être fait dès le début des mesures) : I_2 dans la première colonne (Abscisse) et U_2 dans la colonne ($C \cdot n^1$).

- ⑤ On visualise - pour $f_2=160 \text{ Hz}$ - la courbe $U_2=f(I_2)$. On obtient la représentation de la page suivante. La courbe $U_2=f(I_2)$ pour $f_1=80 \text{ Hz}$ (non représentée) est semblable.

- ⑥ Observations : la courbe obtenue (dans la limite des mesures effectuées) est une droite de pente négative ne passant pas par l'origine.

2ème étape : le protocole

Tracé de la courbe représentant la tension de la génératrice à vide U_2 (en V) en fonction de la vitesse de rotation f (en Hz).

- ① On fait varier progressivement depuis la valeur la plus faible permise la tension d'alimentation du moteur.

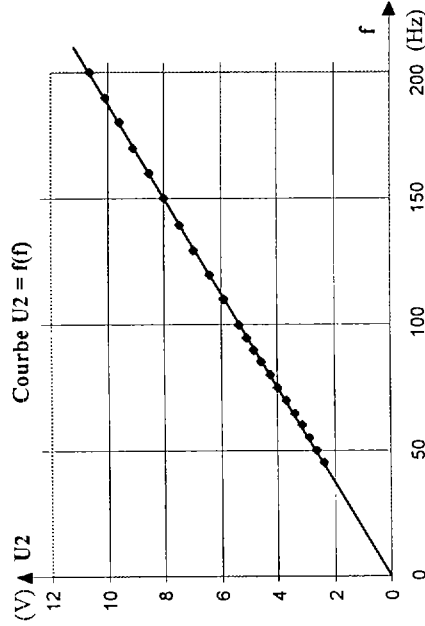
Remarque : La mesure de la vitesse de rotation est obtenue par un dispositif électronique qui nécessite une tension d'au moins 3,2 V

- ② On relève les valeurs de f , de U_1 et U_2 et on les reporte dans un tableau :

Fréquence (Hz)	Tension U_1 (V)	Tension U_2 (V)	Fréquence (Hz)	Tension U_1 (V)	Tension U_2 (V)
46	2,94	2,41	100	5,91	5,29
50	3,15	2,61	110	6,45	5,82
55	3,47	2,91	120	7,00	6,35
60	3,74	3,16	130	7,54	6,88
65	4,00	3,41	140	8,08	7,40
70	4,26	3,68	150	8,64	7,94
75	4,59	4,00	160	9,19	8,47
80	4,85	4,25	170	9,81	9,06
85	5,10	4,51	180	10,40	9,58
90	5,36	4,77	190	10,95	10,1
95	5,62	5,00	200	11,45	10,65

- ③ On copie ces valeurs dans le tableau du logiciel ACTILAB (ce qui peut être fait dès le début des mesures) : f dans la première colonne (Abscisse) et U_1 et U_2 dans la deuxième et la troisième colonne ($C \cdot n^1$ et $C \cdot n^2$).

- ④ On visualise la courbe $U_2=f(f)$. On obtient la représentation suivante :



- ⑤ Observations : la courbe obtenue est une droite passant par l'origine (dans les limites du domaine étudié).

3ème étape : l'exploitation des résultats

1 - Force électromotrice de la génératrice

① Le graphique précédent montre que la tension aux bornes de la génératrice à vide est proportionnelle à la fréquence de rotation de celle-ci.

② Cette tension est la f.e.m. de la génératrice. En particulier, cette f.e.m. a pour valeur :

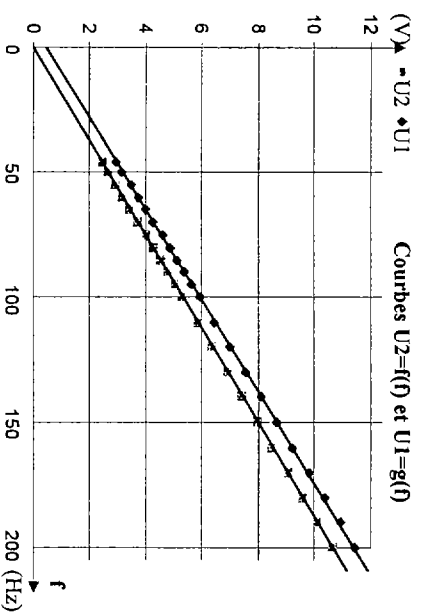
$$E_{50} = 2,6 \text{ V à } f = 50 \text{ Hz ou } 3000 \text{ tr/min.}$$

$$E_{100} = 5,9 \text{ V à } f = 100 \text{ Hz ou } 6000 \text{ tr/min.}$$

2 - Tension aux bornes du moteur

① On visualise la courbe $U_1 = g(f)$ sur le même graphique que la courbe $U_2 = f(f)$.

On obtient la représentation suivante.



② La courbe $U_1 = g(f)$ est une droite sensiblement parallèle à la courbe $U_2 = f(f)$.

La vitesse de rotation du moteur est donc une fonction affine de la tension d'alimentation, dans le domaine des mesures réalisées.

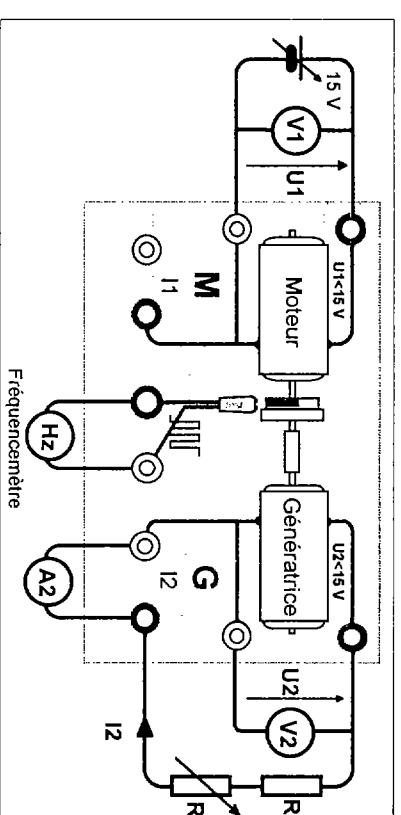
Remarque : Les mesures et les résultats obtenus peuvent varier d'une série de moteurs à l'autre.

4.3 Etude de la caractéristique courant-tension d'une génératrice

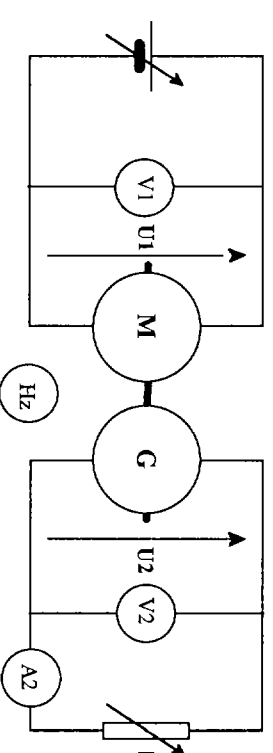
Le but de la manipulation est le tracé de la courbe représentant la caractéristique d'une génératrice utilisée à vitesse constante et la détermination de sa f.e.m. E et de sa résistance propre r .

1ère étape : le montage

On réalise le montage représenté par le schéma ci-dessous. Deux multimètres sont installés en voltmètres aux bornes du moteur et de la génératrice. Un autre multimètre est utilisé en milliampèremètre pour mesurer l'intensité dans le circuit de la génératrice. Un dernier contrôleur fonctionne en fréquencemètre et mesure la vitesse de rotation (en Hz).



Le schéma de ce montage est représenté par :

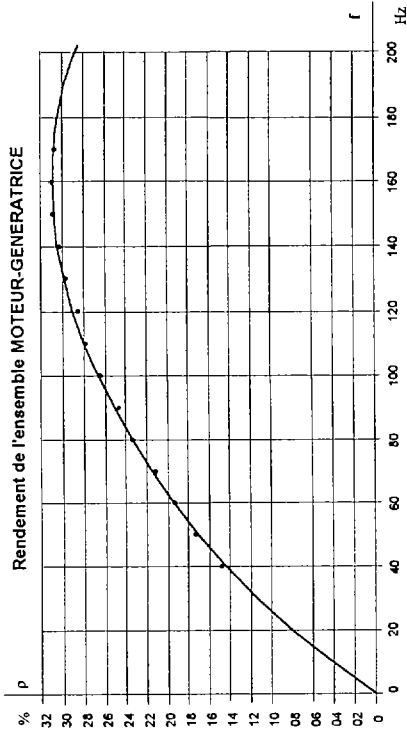


Matériel :

- le module MOTEUR-GENERATRICE
- une résistance de $22 \Omega - 5 \text{ W}$
- une résistance variable de $470 \Omega - 3 \text{ W}$
- trois multimètres
- un fréquencemètre
- une alimentation stabilisée variable 0/15 V
- le logiciel ACT/LAB
- un micro-ordinateur et ses périphériques

collecteur, support de l'arbre, ...) et par d'autres pertes, d'origine magnétique en particulier.

② Courbe donnant le rendement ρ en fonction de la vitesse de rotation :



③ Rendement ρ du moteur

Le rendement est donné par la relation $\rho = P_2/P_1$. Les calculs figurent dans le tableau précédent.

Le rendement du moteur passe par un maximum de l'ordre de :

$$\rho = 32 \%$$

Les pertes diverses sont donc importantes.

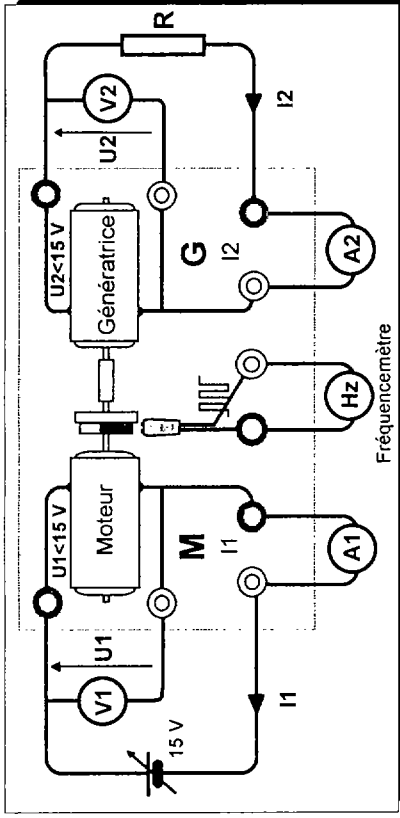
Remarque : Les mesures et les résultats obtenus peuvent varier d'une série de moteurs à l'autre.

4.2 Etude d'une génératrice en charge

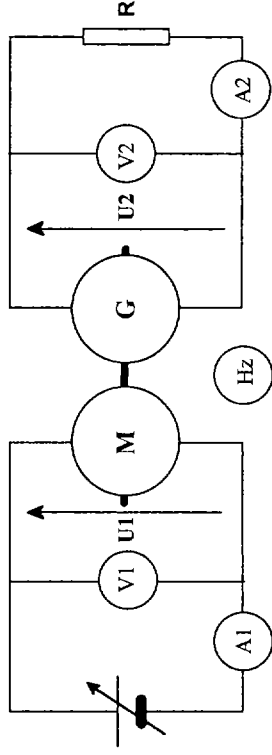
Le but de la manipulation est le tracé de la courbe représentant la tension en charge d'un moteur fonctionnant en génératrice, en fonction de la vitesse de rotation, et d'étudier le rendement de la chaîne énergétique ainsi réalisée (ainsi que sa variation en fonction de la vitesse de rotation).

1ère étape : le montage

On réalise le montage représenté par le schéma ci-dessous. Deux multimètres sont installés en voltmètres aux bornes du moteur et de la génératrice. Deux autres multimètres sont utilisés en milliampermètres pour mesurer les intensités dans les circuits du moteur et de la génératrice. Un dernier contrôleur fonctionne en fréquence-mètre et mesure la vitesse de rotation (en Hz).



Le schéma de ce montage est représenté par :



Matériel :

- le module MOTEUR-GENERATRICE
- une résistance de $22 \Omega - 5 \text{ W}$
- trois ou quatre multimètres
- un fréquence-mètre
- une alimentation stabilisée variable 0/15 V
- le logiciel ACT/LAB
- un micro-ordinateur et ses périphériques

Remarque : Pour éviter d'utiliser un grand nombre de contrôleurs, il est possible :

- de mesurer la fréquence de rotation à l'aide d'un oscilloscope,
- de mesurer les tensions aux bornes du moteur et de la génératrice à l'aide d'un même voltmètre (relié successivement aux bornes des deux machines par l'intermédiaire d'un inverseur double).

Il est préférable d'avoir un milliampèremètre dans chacun des deux circuits (pour éviter les perturbations qui apparaîtraient lors d'un déplacement éventuel du milliampèremètre dont la résistance propre n'est pas négligeable). Le calibre de 10 A ne permet pas d'obtenir une bonne précision.

La résistance de charge utilisée dans le circuit de la génératrice est constituée d'une résistance fixe

$$R = 22,5 \, \Omega - 5 \, W$$

2ème étape : le protocole et les mesures

- On fait varier progressivement la vitesse de rotation du système et on relève les valeurs de la fréquence de rotation f , les tensions et les intensités U_1 et I_1 , U_2 et I_2 , dans le moteur et dans la génératrice en charge.

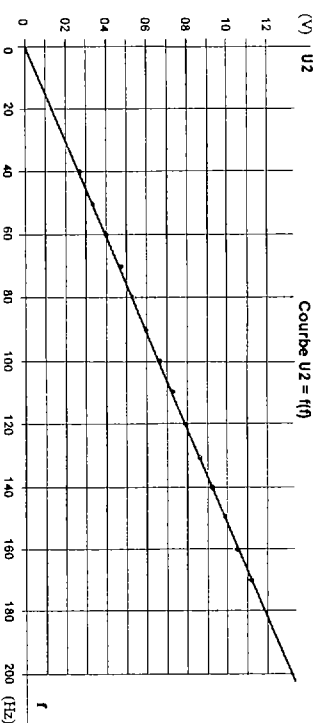
- Les mesures et les calculs sont reportées dans le tableau ci-dessous :

f (Hz)	U_1 (V)	I_1 (A)	U_2 (V)	I_2 (A)	$P_1 = U_1 \cdot I_1$ (W)	$P_2 = U_2 \cdot I_2$ (W)	$\rho = P_2 / P_1$ (%)
40	4,21	0,45	2,69	0,105	1,89	0,282	14,9
50	5,10	0,50	3,36	0,132	2,55	0,444	17,4
60	5,95	0,55	4,01	0,158	3,27	0,634	19,4
70	6,87	0,59	4,68	0,184	4,05	0,861	21,2
80	7,75	0,62	5,35	0,210	4,80	1,12	23,4
90	8,61	0,66	5,97	0,230	5,68	1,37	24,7
100	9,55	0,70	6,66	0,260	6,69	1,73	26,2
110	10,4	0,73	7,25	0,280	7,58	2,03	27,9
120	11,2	0,75	7,89	0,300	8,40	2,37	28,6
130	12,1	0,78	8,58	0,320	9,44	2,75	29,8
140	12,9	0,80	9,2	0,340	10,4	3,13	30,4
150	13,7	0,81	9,83	0,350	11,1	3,44	31,0
160	14,4	0,81	10,5	0,345	11,7	3,63	31,1
170	15,2	0,79	11,2	0,340	12,0	3,81	30,8

3ème étape : l'exploitation des mesures

1 - Tension aux bornes de la génératrice en fonction de la vitesse de rotation

- Courbe donnant la tension aux bornes de la génératrice en fonction de la vitesse de rotation :



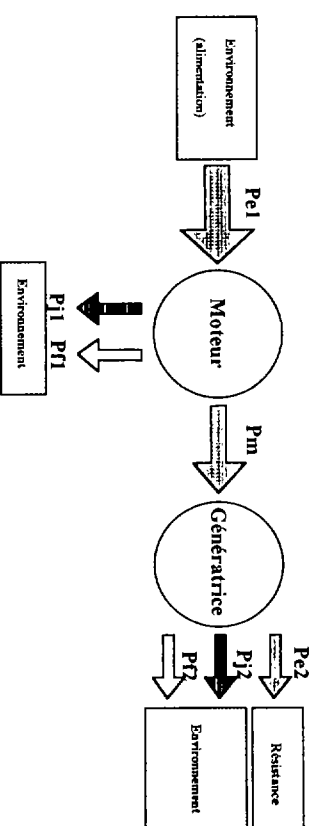
On constate que la courbe $U_2 = f(f)$ est une droite passant par l'origine.

- La tension aux bornes de la génératrice en charge est donc proportionnelle à la vitesse de rotation.

2 - Puissances transférées par le moteur et la génératrice. Rendement.

- On calcule les puissances électriques $P_1 = U_1 \cdot I_1$ et $P_2 = U_2 \cdot I_2$. Elles sont notées dans le tableau précédent.

La conservation de la puissance se traduit par le diagramme énergétique suivant :



$$P_m = P_{e2} + P_{j2} + P_{f2}$$

P_m est la puissance mécanique transférée par le moteur vers la génératrice. Elle est transformée en puissance électrique P_{e2} dans la résistance R .

Dans le moteur comme dans la génératrice, une partie de la puissance reçue est transférée vers l'environnement sous forme de chaleur : P_{j1} ou P_{j2} par effet Joule dans la génératrice et P_{f1} ou P_{f2} par les frottements mécaniques divers (balais du

MOTEUR ET GENERATRICE

FICHES DE TRAVAUX PRATIQUES



Documents pour les élèves

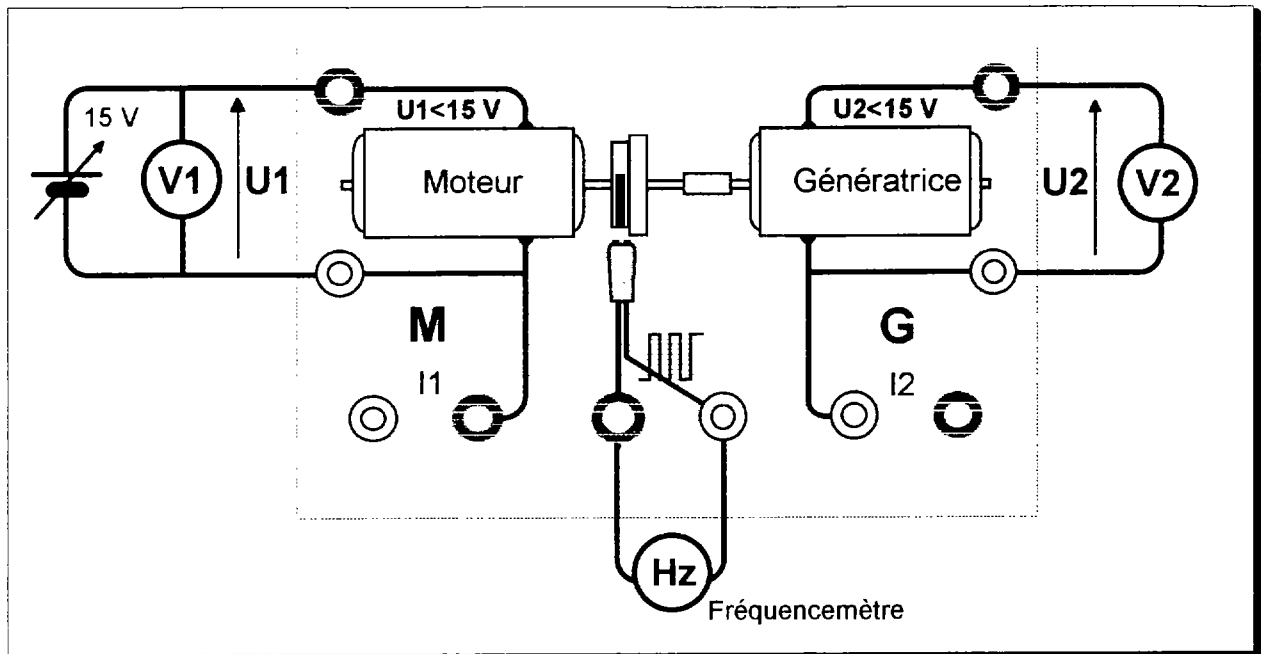


1 Etude d'une génératrice à vide

Le but de la manipulation est le tracé de la courbe représentant la tension à vide d'un moteur fonctionnant en génératrice, en fonction de la vitesse de rotation.

1ère étape : le montage

On réalise le montage représenté ci-dessous. Deux multimètres sont installés en voltmètres aux bornes du moteur et de la génératrice. Un autre multimètre fonctionne en fréquencemètre et mesure la vitesse de rotation (en Hz). Celle-ci peut également être mesurée à l'aide d'un oscilloscope.



Matériel :

- le module MOTEUR-GENERATRICE,
- deux multimètres
- un fréquencemètre ou un oscilloscope
- une alimentation stabilisée variable 0/15 V
- le logiciel ACTILAB
- un micro-ordinateur et ses périphériques

Représenter le schéma de ce montage :

2ème étape : le protocole

Tracé de la courbe représentant la tension de la génératrice à vide U_2 (en V) en fonction de la vitesse de rotation f (en Hz).

① On fait varier progressivement depuis la valeur la plus faible permise la tension d'alimentation du moteur.

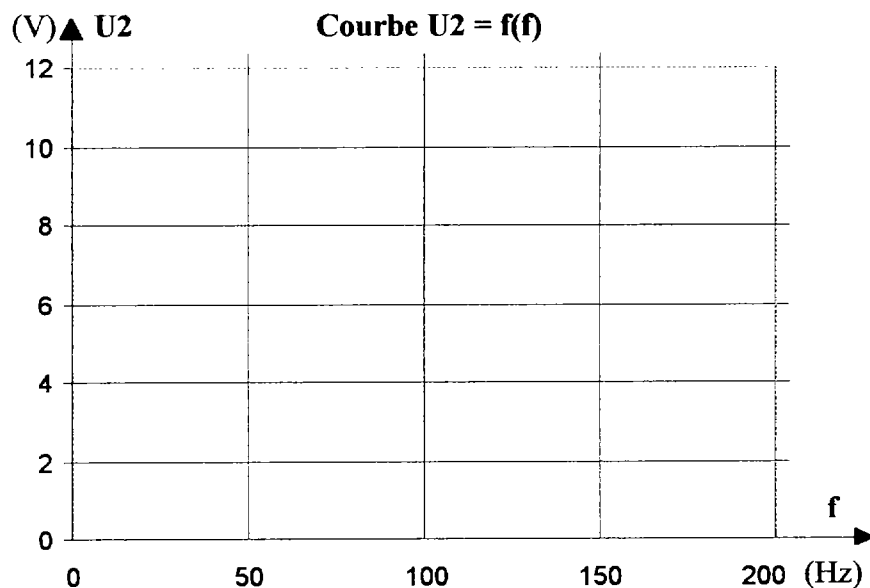
Remarque : La mesure de la vitesse de rotation est obtenue par un dispositif électronique qui nécessite une tension d'au moins 3,2 V.

② On relève les valeurs de f , de U_1 et U_2 et on les reporte dans le tableau (10 mesures) :

Fréquence (Hz)	Tension U_1 (V)	Tension U_2 (V)	Fréquence (Hz)	Tension U_1 (V)	Tension U_2 (V)

③ On copie ces valeurs dans le tableur du logiciel *ACTILAB* (ce qui peut être fait dès le début des mesures) : f dans la première colonne (*Abscisse*) et U_1 et U_2 dans la deuxième et la troisième colonne (*C. n°1 et C. n°2*).

④ On visualise la courbe $U_2 = f(f)$. Coller ou dessiner la représentation obtenue :



⑤ Observations : quelle est la nature de la courbe obtenue ? (dans les limites du domaine étudié)

3ème étape : l'exploitation des résultats

1 - Force électromotrice de la génératrice

① D'après le graphique précédent, quelle relation lie la tension aux bornes de la génératrice à vide à sa fréquence de rotation ?

② Que représente cette tension pour la génératrice ?

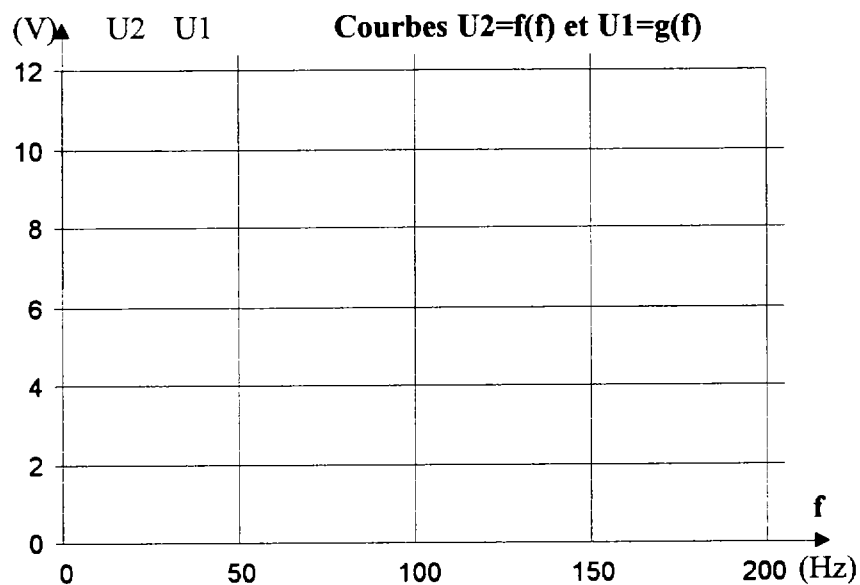
Noter sa valeur pour deux vitesses de rotation (50 Hz et 100 Hz par exemple) :

	à $f=50$ Hz
	à $f=100$ Hz

2 - Tension aux bornes du moteur

① On visualise la courbe $U_1 = g(f)$ sur le même graphique que la courbe $U_2 = f(f)$.

Donner la représentation des deux courbes :



② Quelle est la nature de la courbe $U_1=g(f)$. Comparer à la courbe $U_2=f(f)$.

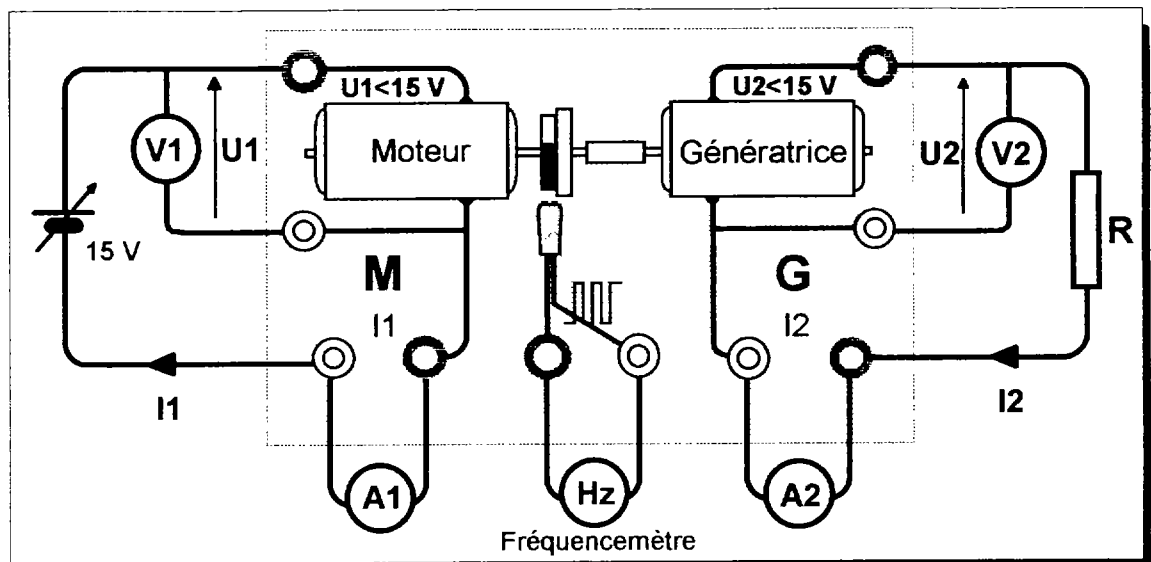
Que peut-on dire de la tension d'alimentation par rapport à la vitesse de rotation du moteur?
(dans le domaine des mesures réalisées)

2 Etude d'une génératrice en charge

Le but de la manipulation est le tracé de la courbe représentant la tension en charge d'un moteur fonctionnant en génératrice, en fonction de la vitesse de rotation, et d'étudier le rendement de la chaîne énergétique ainsi réalisée (ainsi que sa variation en fonction de la vitesse de rotation).

1ère étape : le montage

On réalise le montage représenté par le schéma ci-dessous. Deux multimètres sont installés en voltmètres aux bornes du moteur et de la génératrice. Deux autres multimètres sont utilisés en milliampèremètres pour mesurer les intensités dans les circuits du moteur et de la génératrice. Un dernier contrôleur fonctionne en fréquencemètre et mesure la vitesse de rotation (en Hz).



Représenter le schéma de ce montage:

Matériel :

- le module MOTEUR-GENERATRICE
- une résistance de $22\ \Omega$ - 5 W
- trois ou quatre multimètres
- un fréquencemètre
- une alimentation stabilisée variable 0/15 V
- le logiciel ACTILAB
- un micro-ordinateur et ses périphériques

Remarque : Pour éviter d'utiliser un grand nombre de contrôleurs, il est possible :

- de mesurer la fréquence de rotation à l'aide d'un oscilloscope,
- de mesurer les tensions aux bornes du moteur et de la génératrice à l'aide d'un même voltmètre (relié successivement aux bornes des deux machines par l'intermédiaire d'un inverseur double).

Mesurer à l'ohmmètre la valeur de la résistance de charge R utilisée dans le circuit de la génératrice. Noter également sa puissance admissible :

R =

2ème étape : le protocole et les mesures

- ① On fait varier progressivement la vitesse de rotation du système et on relève les valeurs de la fréquence de rotation f , les tensions et les intensités U_1 et I_1 , U_2 et I_2 , dans le moteur et dans la génératrice en charge.

On réalise une quinzaine de mesures. Les tensions d'alimentation utilisées vont depuis la plus faible tension permettant de lire la vitesse de rotation sur le fréquencemètre jusqu'à 15 V.

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

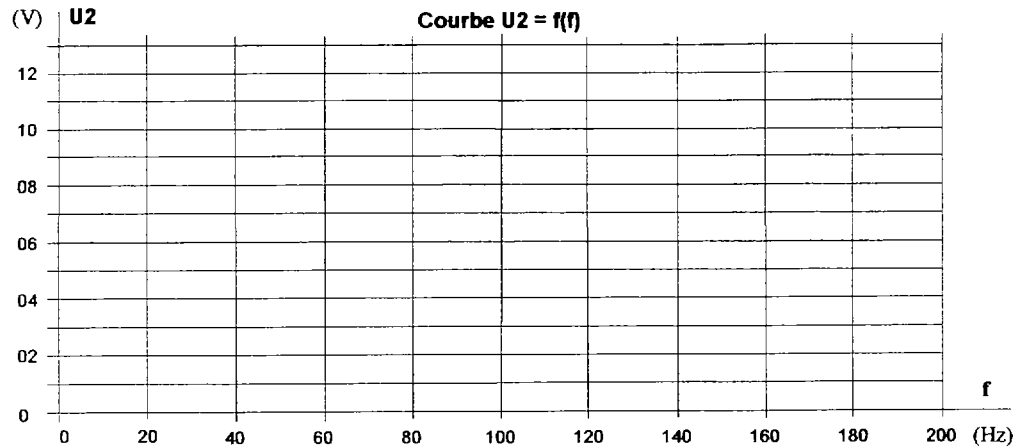
- ② Les mesures et les calculs sont reportées dans le tableau ci-dessous :

[illegible]

3ème étape : l'exploitation des mesures

1 - Tension aux bornes de la génératrice en fonction de la vitesse de rotation

- ① Représenter la courbe donnant la tension aux bornes de la génératrice en fonction de la vitesse de rotation :



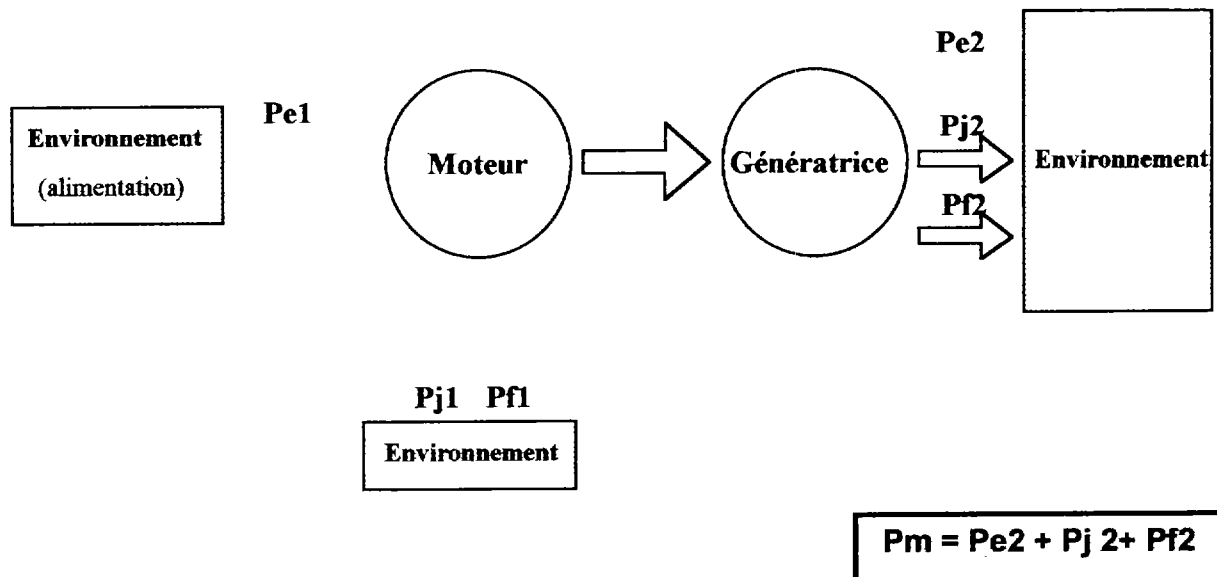
Quelle est la nature la courbe $U_2 = f(f)$ obtenue ?

- ② Comment varie la tension aux bornes de la génératrice en fonction de la vitesse de rotation ?

2 - Puissances transférées par le moteur et la génératrice. Rendement.

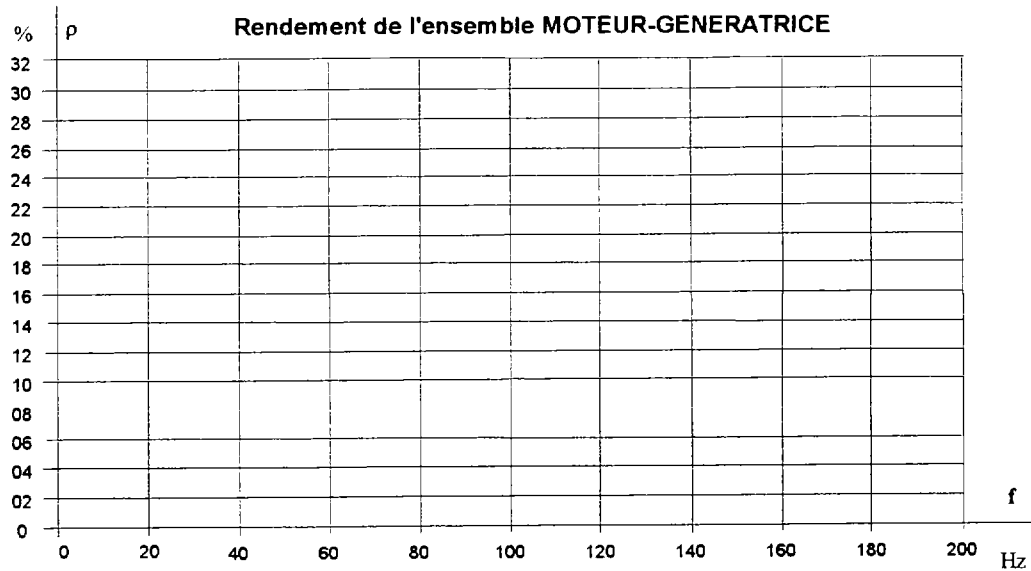
- ① On calcule les puissances électriques $P_1 = U_1 \cdot I_1$ et $P_2 = U_2 \cdot I_2$. Elles sont notées dans le tableau précédent.

La conservation de la puissance se traduit par le diagramme énergétique suivant :



Compléter le diagramme ci-dessus (flèches ou commentaire) et indiquer la nature des diverses puissances mises en jeu.

② Représenter la courbe donnant le rendement ρ en fonction de la vitesse de rotation :



③ Rendement ρ du moteur

Quelle expression définit le rendement de l'ensemble moteur-génératrice ?

Quelle est l'allure de la courbe donnant le rendement en fonction de la vitesse de rotation ?

Quelle valeur remarquable peut-on mettre en évidence ?

Quelle est la valeur du rendement pour la tension nominale du moteur (12 V) ?
Quelle est alors la vitesse de rotation en tr/min. ?

Quelles sont ses coordonnées ?

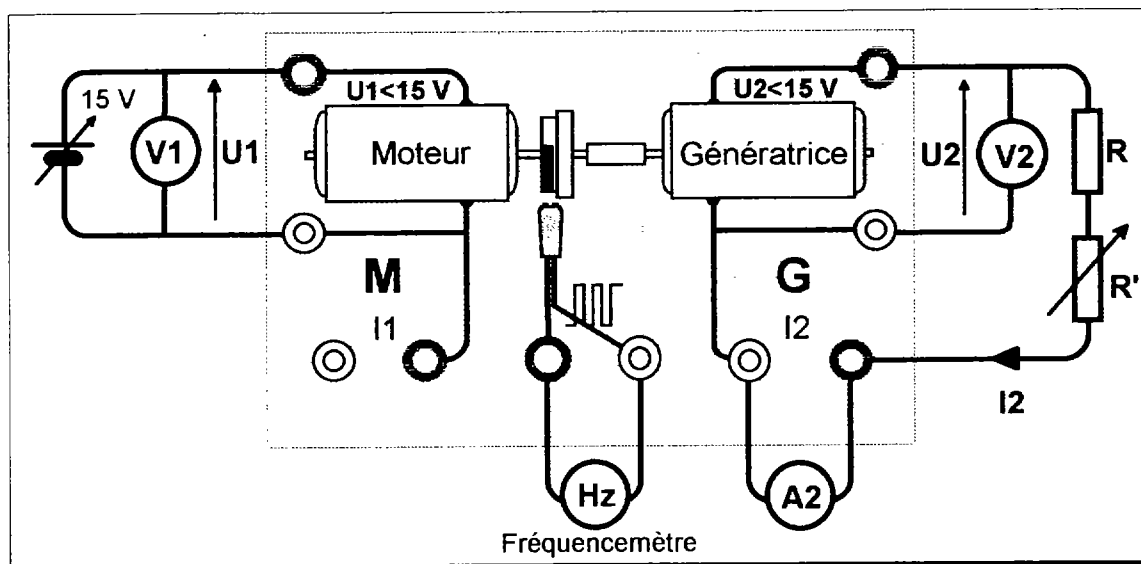
Que pensez-vous des diverses pertes ?

3 Etude de la caractéristique courant-tension d'une génératrice

Le but de la manipulation est le tracé de la courbe représentant la caractéristique d'une génératrice utilisée à vitesse constante et la détermination de sa f.e.m. E et de sa résistance propre r' .

1ère étape : le montage

On réalise le montage représenté par le schéma ci-dessous. Deux multimètres sont installés en voltmètres aux bornes du moteur et de la génératrice. Un autre multimètre est utilisé en milliampèremètre pour mesurer l'intensité dans le circuit de la génératrice. Un dernier contrôleur fonctionne en fréquencemètre et mesure la vitesse de rotation (en Hz).



Représenter le schéma de ce montage:

Matériel :

- le module MOTEUR-GENERATRICE
- une résistance de $22 \Omega - 5 W$
- une résistance variable de $470 \Omega - 3 W$
- trois multimètres
- un fréquencemètre
- une alimentation stabilisée variable 0/15 V
- le logiciel ACTILAB
- un micro-ordinateur et ses périphériques

2ème étape : le protocole

- ① On choisit une vitesse de rotation qui sera conservée durant les mesures.

$f = 160 \text{ Hz}$

Pendant les mesures, le fréquencemètre sert à vérifier la constance de la vitesse. Celle-ci est ajustée au besoin en agissant sur la tension délivrée par l'alimentation stabilisée. Le voltmètre V_1 sert surtout à vérifier que la tension U_1 n'augmente pas dangereusement.

Si le temps le permet, faire une deuxième série de mesures pour $f=80 \text{ Hz}$.

- ② Le circuit électrique de la génératrice G utilise un ensemble de deux résistances, l'une fixe (résistance « talon ») et l'autre variable, noter les valeurs de ces résistances :

$R =$

$R' =$

On fait varier régulièrement R' , depuis sa valeur la plus grande jusqu'à zéro.

On relève les valeurs de U_2 et de I_2 (en choisissant pour I_2 des valeurs espacées d'environ 10 à 20 mA)

- ③ Compléter le tableau des mesures suivant (15 à 20 mesures):

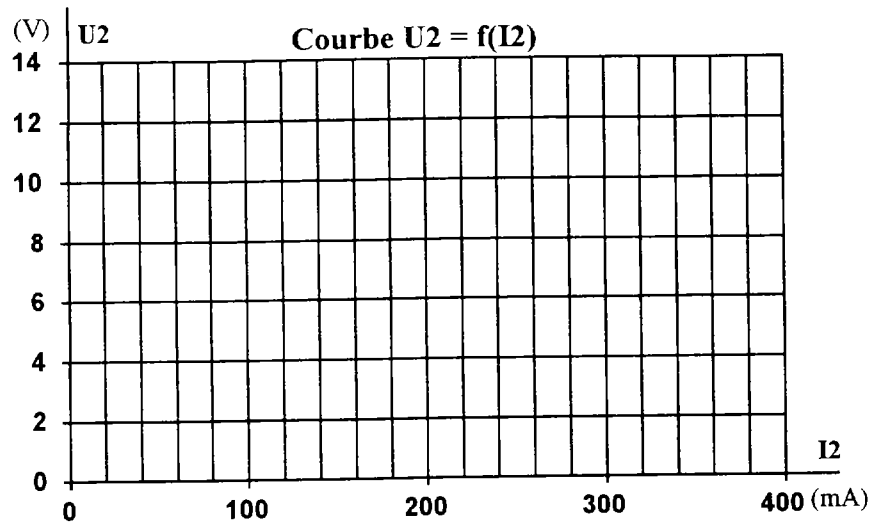
Vitesse = 160 Hz			
I_2 (mA)	U_2 (V)	I_2 (mA)	U_2 (V)

- ④ On copie ces valeurs dans le tableur du logiciel *ACTILAB* (ce qui peut être fait dès le début des mesures) : I_2 dans la première colonne (*Abcisse*) et U_2 dans la colonne (*C. n°1*).

On visualise la courbe $U_2 = f(I_2)$.

- ⑤ Observations : quelle est la nature de la courbe obtenue (dans la limite des mesures effectuées) ?

Représenter (ou coller) la courbe obtenue.



3ème étape : l'exploitation des résultats

1 - Caractéristique Intensité-tension de la génératrice

- ① Quel est le modèle mathématique qui peut modéliser la courbe obtenue ?

Quelle loi relative à un générateur rappelle-t-il ?

Donner la valeur numérique des deux grandeurs décrivant la génératrice :

$$= \text{ V } = \text{ } \Omega$$

- ② Que représentent les deux paramètres précédents ?

2 - Mesure directe de la résistance propre de la génératrice

- ① La résistance propre de la génératrice est celle des enroulements de la machine. Il est possible de la mesurer directement à l'aide d'un ohmmètre : la génératrice étant débranchée. Il faut réaliser 5 à 6 mesures successives en tournant à la main l'arbre du moteur afin d'éviter les mauvais contacts dus à la position des balais sur le collecteur.

Calculer la valeur moyenne

$$r = \text{ } \Omega$$

- ② Une autre méthode de mesure consiste à réaliser un circuit contenant la génératrice en série avec une pile de 1,5 V et des appareils de mesure. Dessiner le schéma ci-dessous :

Les mesures de U et I donnent **moteur bloqué** $r = U/I$.

Attention à l'échauffement du moteur !

Moyenne des mesures (5 à 6)

U = V et I = A

soit une valeur

$$r = \text{ } \Omega$$

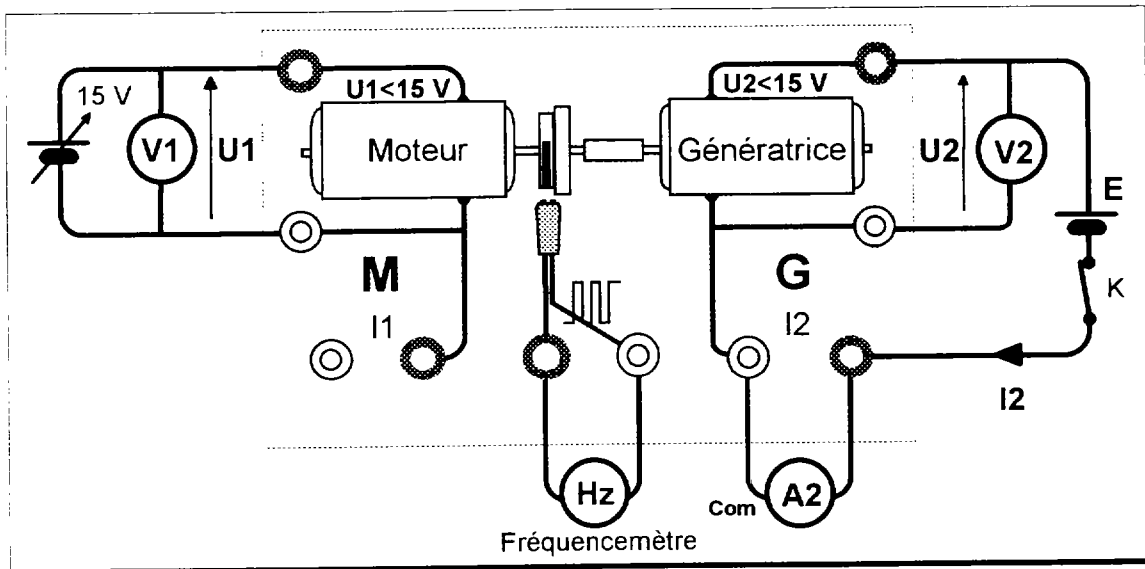
Conclusion :

4 Réversibilité d'une machine tournante

Le but de la manipulation est de montrer qu'un moteur peut se comporter en génératrice et inversement qu'une génératrice peut devenir un moteur.

1ère étape : le montage

On réalise le montage représenté par le schéma ci-dessous. Deux multimètres sont installés en voltmètres aux bornes du moteur et de la génératrice. Un autre multimètre est utilisé en milliampèremètre pour mesurer l'intensité dans le circuit de la génératrice. Un dernier contrôleur fonctionne en fréquencemètre et mesure la vitesse de rotation (en Hz). Celle-ci peut également être mesurée à l'aide d'un oscilloscope.



Représenter le schéma de ce montage

Matériel :

- le module MOTEUR-GENERATRICE
- une pile Leclanché de 4,5 V
- un interrupteur
- un fréquencemètre ou un oscilloscope
- une alimentation stabilisée variable 0/15 V
- le logiciel ACTILAB
- un micro-ordinateur et ses périphériques

Remarque : Le voltmètre V1, en dérivation sur le moteur M sert uniquement à contrôler la tension appliquée pour éviter toute surcharge du moteur. Ici, les tensions atteintes (entre 3 V et 8 V environ) sont inférieures à la tension maximale. Le voltmètre V1 peut alors être supprimé.

2ème étape : le protocole

- ① Une pile Leclanché de f.e.m. $E=4,5 \text{ V}$ est placée en opposition par rapport à la génératrice. Un interrupteur K permet de fermer ou d'ouvrir le circuit électrique de la génératrice.

(on branche l'ampèremètre A2 comme indiqué sur le schéma Commun sur la borne blanche, entrée mA sur la borne rouge)

On fait varier régulièrement la tension d'alimentation du moteur M depuis zéro. Observer et décrire les variations de l'intensité I_2 , dans le circuit de la génératrice.

Pour une certaine valeur de la tension d'alimentation U_1 du moteur M, l'intensité I_2 prend une valeur remarquable. Laquelle ?

$$U_1 = \quad I_2 =$$

- ③ On relève les valeurs de U_1 , de U_2 et de I_2 pendant la variation.
On choisit pour I_2 des valeurs espacées d'environ 10 à 20 mA en restant toujours sur le même calibre de 200 mA de l'ampèremètre.
Les valeurs I_2 varient donc entre environ - 190 mA et +190 mA.

Parallèlement, on relève les valeurs de la fréquence f de rotation du système.
A partir de quelle tension d'alimentation du moteur M la mesure de f est-elle possible ? Quelle est sa valeur minimale ?

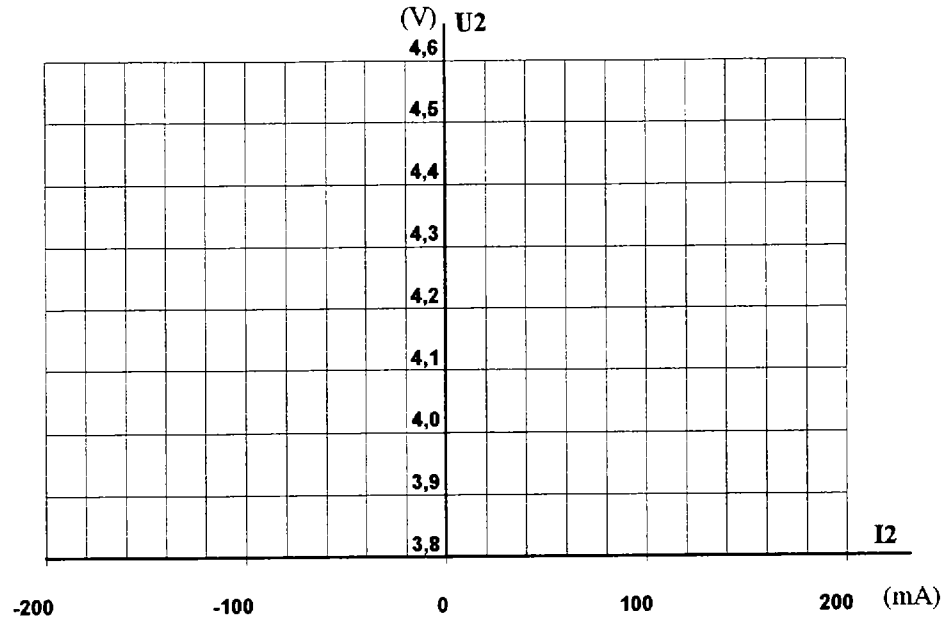
Remplir le tableau des mesures suivant (une vingtaine de mesures) :

[illegible]

3ème étape : l'exploitation des mesures

1 - Tension aux bornes de la génératrice en fonction de la vitesse de rotation

- ① Dessiner la courbe donnant la tension aux bornes de la génératrice en fonction de la vitesse de rotation (ou coller le document obtenu sur l'imprimante de l'ordinateur)



- ② Observations : quelle est l'allure de la courbe obtenue ?

Est-ce une courbe unique qu'il convient de tracer ?

2 - Modélisation

Quelles expressions peuvent représenter un modèle mathématique des courbes tracées ? :

$U_2 =$	et	$U_2 =$
---------	----	---------

Regrouper dans un tableau toutes les mesures relatives aux modèles tracés :

$I_2 < 0$	ordonnée à l'origine de la courbe	$E_{2a} =$ V
	coefficient directeur de la courbe	$r_{2a} =$ Ω
$I_2 > 0$	ordonnée à l'origine de la courbe	$E_{2b} =$ V
	coefficient directeur de la courbe	$r_{2b} =$ Ω

2 - Interprétation

- ① Représenter le schéma simplifié du circuit génératrice-pile.

- ② Etude théorique du circuit dans les divers cas rencontrés.

- si la f.e.m. E_2 de la génératrice G est inférieure à la f.e.m. E de la pile ($E > E_2$), quel sont les rôles joués par la pile et par la génératrice ?

En utilisant les lois d'Ohm pour un générateur et un récepteur, donner l'expression théorique de l'intensité I_2 dans le circuit ? Que peut-on dire de son signe ?

$$I_2 =$$

- si la f.e.m. E_2 de la génératrice G est supérieure à la f.e.m. E de la pile ($E < E_2$), quels sont les rôles joués par la pile et par la génératrice ?

En utilisant les lois d'Ohm pour un générateur et un récepteur, donner l'expression théorique de l'intensité I_2 dans le circuit ? Que peut-on dire de son signe ?

$$I_2 =$$

- que se passe-t-il lorsque les deux f.e.m. E_2 de la génératrice G et E de la pile Leclanché qui se trouvent placées en opposition sont égales ?

Cette étude simple n'est qu'approchée. Elle suppose que la génératrice garde la même f.e.m. lorsqu'elle se comporte en génératrice et lorsqu'elle se comporte en moteur. De plus, la f.e.m. de la génératrice varie avec la vitesse de rotation.

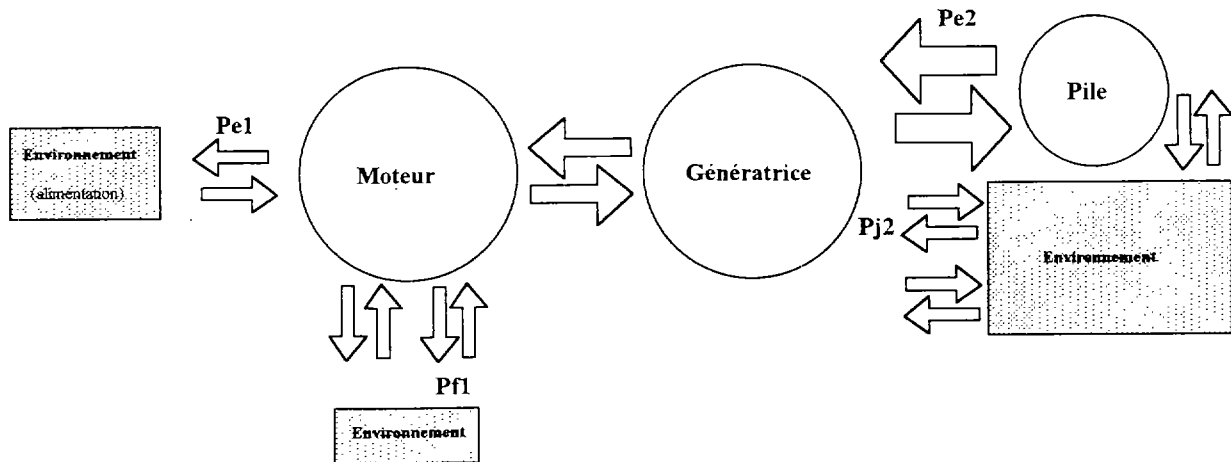
- ③ Conclusion

Notre machine tournante est passée progressivement du rôle de au rôle de Elle est réversible :

- elle se comporte comme un si on lui fournit de l'énergie électrique
- elle se comporte comme un si on lui fournit de l'énergie mécanique

3 - Diagrammes de transferts d'énergie dans le circuit

- ① Si le courant I_2 est négatif, comment la génératrice se comporte-t-elle ?



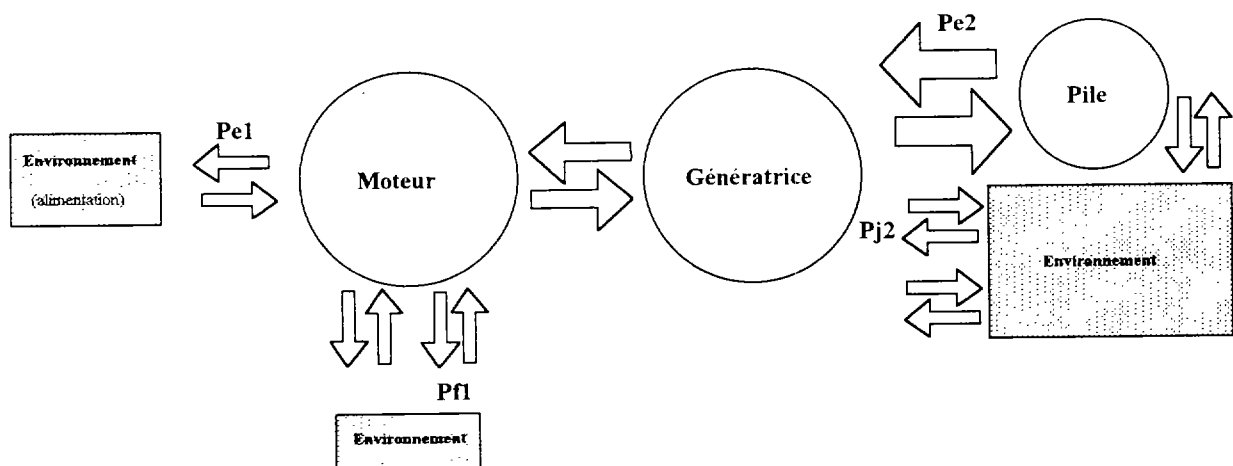
Donner les noms des puissances mises en jeu et compléter le diagramme ci-dessus en coloriant en rouge les flèches dont le sens convient et en indiquant les puissances manquantes.

Ecrire l'égalité de conservation de la puissance :

$P_{e2} =$

Comment se comporte ici le moteur M ?

- ② Si le courant I_2 est positif, comment la génératrice se comporte-t-elle ?



Compléter le diagramme comme précédemment.

Ecrire l'égalité de conservation de la puissance :

$P_m =$

Comment la pile se comporte-t-elle ?

JEULIN

MOTEUR ET GENERATRICE

SERVICE APRES VENTE

Pour toutes réparations, réglages, pièces concernant cet appareil pendant ou après la garantie , adressez-vous à :

**S.A.V. JEULIN
BP 1900
27019 EVREUX CEDEX
FRANCE**