

- ✎ Le disque métallique, placé dans un champ magnétique tournant, se met à tourner :
 - dans le sens que celui du champ tournant ;
 - à une vitesse (n) légèrement que celle du champ tournant (n_s). On dit que la rotation du disque est

⇒ C'est le principe de fonctionnement d'un **moteur asynchrone triphasé**.

✎ Si on permute deux parmi les trois phases du réseau alors le sens de rotation du champ tournant ainsi que le sens de du disque.

✎ Dans le cas d'un moteur asynchrone triphasé, le disque est remplacé par le et les bobines sont logées dans les encoches du

✎ L'inversion du sens de rotation du moteur asynchrone triphasé se fait par la de du réseau.



Aide à l'activité 2

■ Vitesse et glissement:

1. Relever les indications écrites sur la plaque signalétique du moteur du laboratoire et compléter le tableau suivant :

| Moteur asynchrone triphasé | | |
|----------------------------|-------------|-------------------|
| Type : | Réf : | Puissance : |
| Tensions : / | | Vitesse : |
| Courants : / | | cosj : |

2. Déterminer la vitesse de synchronisme.

✎

3. Calculer le glissement.

✎

4. Calculer le nombre de paires de pôles.

✎

■ Couplage des enroulements statoriques

1. Indiquer le couplage du moteur du laboratoire à adopter sachant que le réseau disponible est 230V/400V – 50Hz. Justifier la réponse.

✎

2. Compléter alors la figure 5 par **les liaisons nécessaires** afin de coupler les enroulements statoriques du moteur considéré.

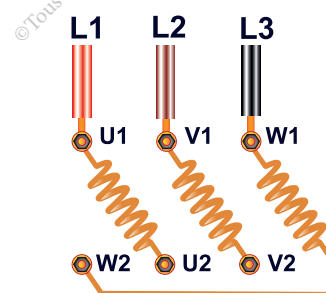


Figure 5

3. Positionner les **barrettes de liaison** sur la plaque à bornes de la figure 6 pour coupler les enroulements statoriques du moteur du laboratoire.

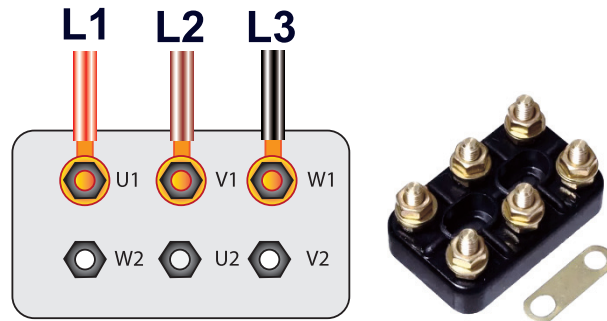


Figure 6

4. Sur la plaque à bornes du moteur, réaliser pratiquement le couplage convenable.

5. Brancher le moteur au réseau et le mettre en fonctionnement (étape réalisée par le professeur).

6. Arrêter le moteur, permuter deux phases quelconques puis remettre le moteur sous tension et le faire fonctionner. Observer et conclure.



7. On désire changer le couplage du moteur du laboratoire.

7.1. Compléter alors la figure 7 par les **liaisons nécessaires** afin de changer le couplage des enroulements statoriques.

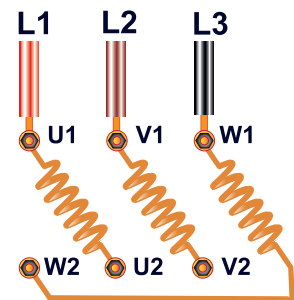


Figure 7

7.2. Positionner les **barrettes de liaison** sur la plaque à bornes de la figure 8 pour changer le couplage des enroulements statoriques.

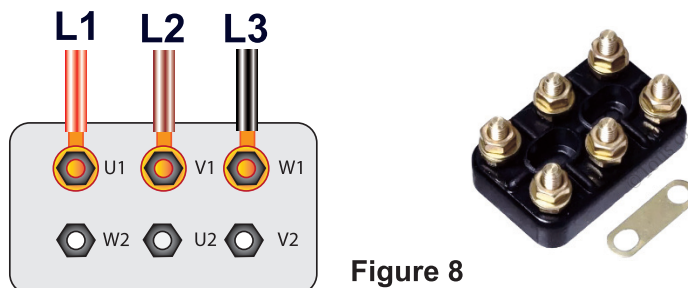


Figure 8

7.3. Que se passe-t-il si on change le couplage du moteur du laboratoire?



ACTIVITÉ 3 : Bilan de puissances et caractéristiques d'un moteur asynchrone triphasé

Banc d'essais des machines LEROY SOMER

On considère le banc d'essais des machines LEROY SOMER ci-après :



Aide à l'activité 3

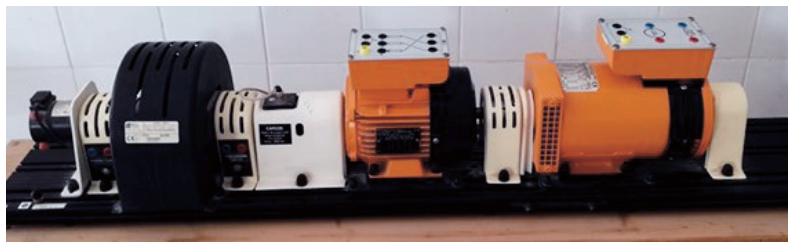


Figure 9

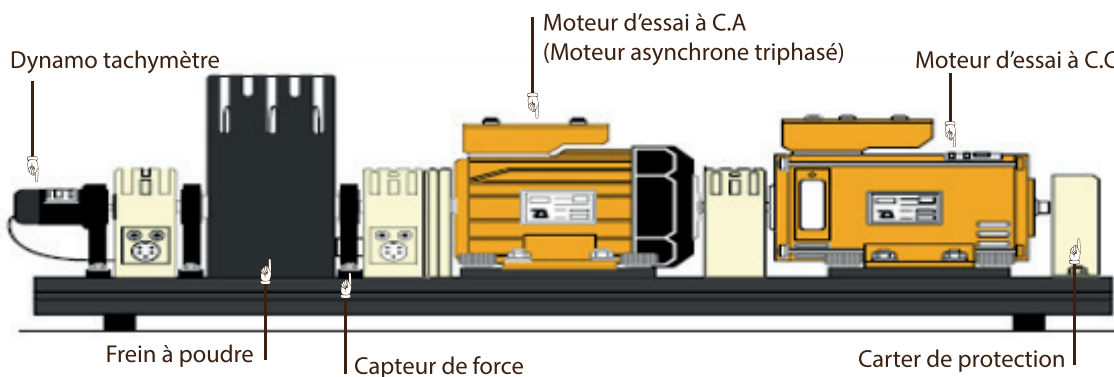


Figure.10

Conditions de réalisation de l'activité :

- ☞ Le circuit de puissance et le circuit de commande sont préalablement câblés et le moteur n'entraîne aucune charge.
- ☞ Les six extrémités des enroulements du stator sont accessibles. Le couplage n'est pas réalisé.
- ☞ Le réseau triphasé disponible dans le laboratoire : 230V / 400V - 50Hz.



I- Grandeurs caractérisant le moteur triphasé et couplage des enroulements statoriques

1. La plaque signalétique du moteur asynchrone est représentée ci-contre.

| LEROY SOMER | | 3~A1S/6 | | N° 688499 SE 003 | | CE | |
|-------------|------|-------------------|------|------------------|-------|----|--|
| P 20 | IK08 | cl. F | 40°C | SS1 | 11 kg | | |
| V | Hz | min ⁻¹ | kW | cosφ | A | | |
| Δ 380 | 50 | 1440 | 0,30 | 0,66 | 1,00 | | |

Figure 11

Compléter le tableau ci-dessous par le nom de chaque grandeur.

| | | | | | |
|-------|-------|-------------|--------|-------|-------|
| 380V | 50 Hz | 1440 tr/min | 0,3 KW | 0,66 | 1A |
| | | | | | |
| | | | | | |

2. Comment doit-on coupler les enroulements du moteur sur le réseau 230/400V :

.....

3. Sur la plaque à borne du moteur, coupler les enroulements statoriques.

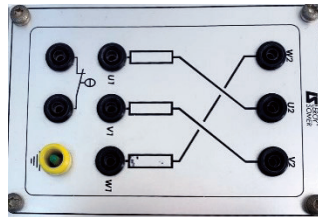


Figure 12

II- Essai à vide

1. Mesure des grandeurs caractéristiques du moteur :

1.1. En présence du professeur, câbler le moteur en insérant les modules de mesure MODMECA et MODELEC, le mettre en marche (fonctionnement à vide) puis compléter le tableau suivant :



Figure 13

| P_{a0} (W) | I_0 (A) | n_0 (tr/min) |
|--------------|-----------|----------------|
| | | |

1.2. Mettre le moteur hors tension et mesurer, à l'aide d'un ohmmètre, la résistance entre deux phases du stator. $R = \dots\dots\dots$

2. A partir des grandeurs mesurées, déterminer :

2.1. La vitesse de synchronisme et le nombre de paires de pôles.

$n_s \approx n_0 = \dots\dots\dots$ $p = \dots\dots\dots$

2.2. La valeur du facteur de puissance à vide $\cos\varphi_0$.

.....

2.3. La valeur des pertes par effet joule au stator à vide.

$p_{js0} = \dots\dots\dots$

2.4. Les pertes collectives (supposées constantes) du moteur puis les pertes fer dans le stator p_{fs} et les pertes mécaniques p_m qui sont supposées égales.

$p_c = \dots\dots\dots$ $p_{fs} = p_m = \dots\dots\dots$

III- Essai en charge nominale

1. Alimenter le moteur et le faire fonctionner à vide.

2. Régler le frein à poudre de manière que le moteur atteigne son point de fonctionnement nominal ($I = I_n$).

3. Relever le couple utile T_u , la puissance absorbée P_a et la vitesse de rotation n .

| I(A) | n(tr/min) | T_u (Nm) | P_a (W) |
|------|-----------|------------|-----------|
| 1 | | | |

4. Calculer :

4.1. Le facteur de puissance nominal.



.....

4.2. La puissance transmise au rotor P_{tr} .



.....

4.3. Le couple électromagnétique T_{em} .



.....

4.4. La puissance mécanique P'



.....

4.5. La puissance mécanique utile P_u



.....

5. Reporter les valeurs trouvées précédemment sur le bilan de puissance en charge nominale ci-dessous:

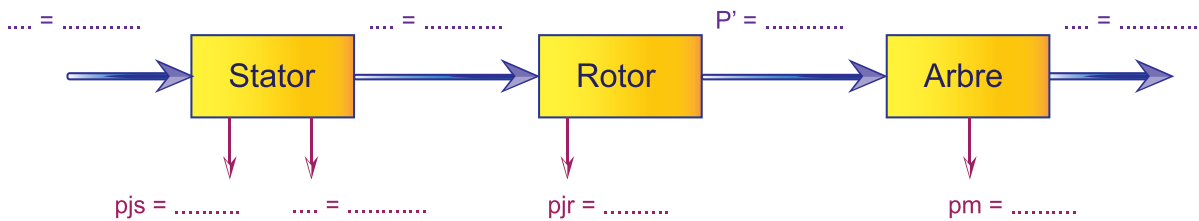


Figure 14

IV- Caractéristiques du moteur

Démarrer le moteur en couplage triangle. Le moteur est chargé par le **frein à poudre**.



Frein à poudre

1. Tableau de valeurs

En agissant sur le potentiometre du frein à poudre, faire varier la charge et relever les valeurs du couple utile T_u (Nm) et de la vitesse n (tr/min).

| I(A) | 0,2 | | | | 1 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T_u (Nm) | | | | | |
| n(tr/min) | | | | | |

2. Caractéristique électromécanique

2.1. Tracer la caractéristique électromécanique $I = f(n)$ du moteur sur la figure 15.

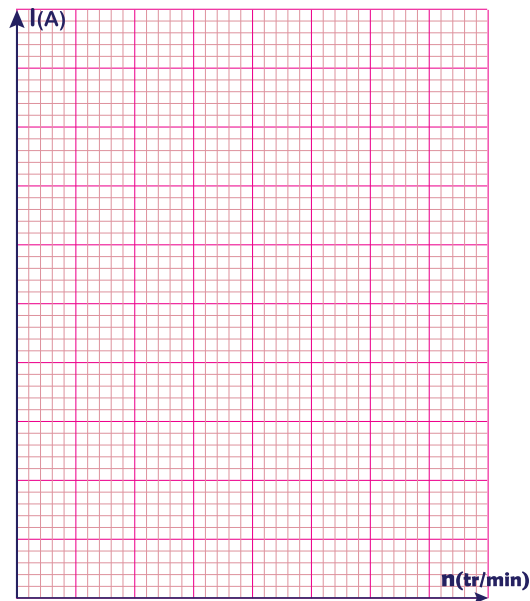


Figure 15

2.2. Faire apparaître sur cette caractéristique les points de fonctionnement correspondant au fonctionnement nominal N et au fonctionnement à vide V. Prélever leurs coordonnées.

- ✓ Point de fonctionnement nominal : N (.....,
- ✓ Point de fonctionnement à vide : V (.....,

3. Caractéristique mécanique:

3.1. En se référant au tableau de valeurs prélevées précédemment, tracer la caractéristique mécanique $T_u = f(n)$.



Figure 16

3.2. Indiquer sur cette caractéristique les points de fonctionnement correspondant au fonctionnement nominal N et au fonctionnement à vide V. Prélever leurs coordonnées.

©Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

- ✓ Point de fonctionnement nominal : N (.....,
- ✓ Point de fonctionnement à vide : V (.....,

3.3. Décrire la courbe obtenue au voisinage du point de fonctionnement au régime nominal.



ACTIVITÉ 4 : Bilan de puissances et caractéristiques d'un moteur asynchrone triphasé

Banc d'essai BOYUAN811

On considère le banc d'essai BOYUAN811 représenté ci-dessous

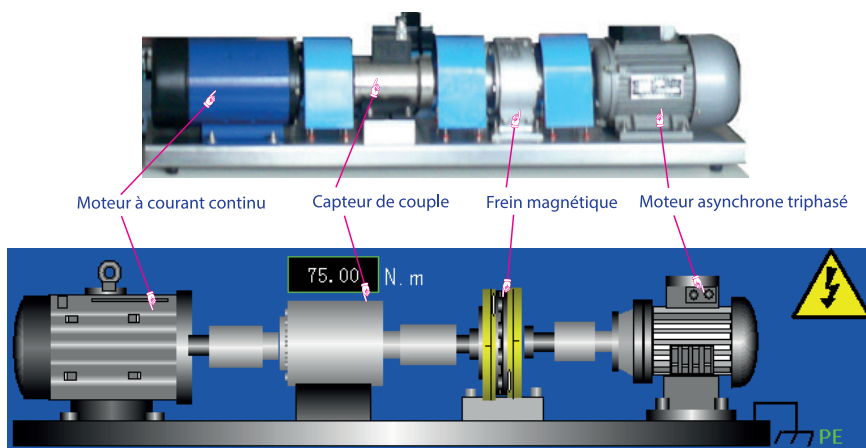


Figure 17

Conditions de réalisation de l'activité :

Le banc nécessite une alimentation triphasée équipée d'un fil neutre et d'un fil de terre pour la protection de l'utilisateur. Ce système fonctionne en autonomie (indépendamment de l'ordinateur). L'ordinateur est utilisé seulement pour télécharger un nouveau projet ou profil.



I- Grandeurs caractérisant le moteur triphasé et couplage des enroulements statoriques

1. Relever les caractéristiques indiquées sur la plaque signalétique du moteur :



Figure 18



Aide à l'activité 4

| Tension | Intensité | Puissance | Fréquence | Vitesse |
|---------|-----------|-----------|-----------|---------|
| | | | | |

2. Comment doit-on coupler les enroulements du moteur sur le réseau du laboratoire?

II- Essai à vide

1. Mesure des grandeurs caractéristiques du moteur :

1.1. Démarrer le moteur à vide sans coupler le frein magnétique (Agir sur le courant d'excitation pour que la vitesse soit égale à 1500tr/min) puis remplir le tableau suivant :

| P_0 (W) | I_0 (A) | n_0 (tr/min) |
|-----------|-----------|----------------|
| | | |

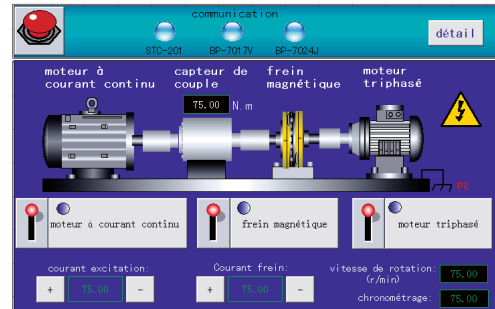


Figure 19

1.2. Mesurer la résistance entre deux bornes du stator : $R =$

2. A partir des grandeurs mesurées, déterminer :

2.1. La vitesse de synchronisme et le nombre de paires de pôles.

$n_s =$ $p =$

2.2. La valeur du facteur de puissance à vide $\cos\varphi_0$.

.....

2.3. La valeur des pertes par effet joule au stator à vide.

$p_{js0} =$

2.4. Les pertes collectives (supposées constantes) du moteur puis les pertes fer dans le stator p_{fs} et les pertes mécaniques p_m qui sont supposées égales.

$p_c =$

$p_{fs} = p_m =$

III- Essai en charge nominale

1. Démarrer le moteur à vide puis coupler le frein magnétique.

2. Agir sur la valeur du frein pour que le moteur fonctionne en régime nominal ($I=I_n$).

3. Prélever les valeurs caractéristiques du moteur en remplissant le tableau suivant :

| P (W) | n (tr/min) | T_u (Nm) | I (A) |
|---------|--------------|------------|---------|
| | | | |

4. Calculer pour cet essai:

4.1. Le facteur de puissance .

.....

4.2. La puissance transmise au rotor P_{tr} .

.....

.....

4.3. Le couple électromagnétique T_{em} .



4.4. La puissance mécanique P' .



4.5. La puissance mécanique utile P_u .



5. Reporter les valeurs trouvées précédemment sur le bilan de puissance en charge nominale ci-dessous :

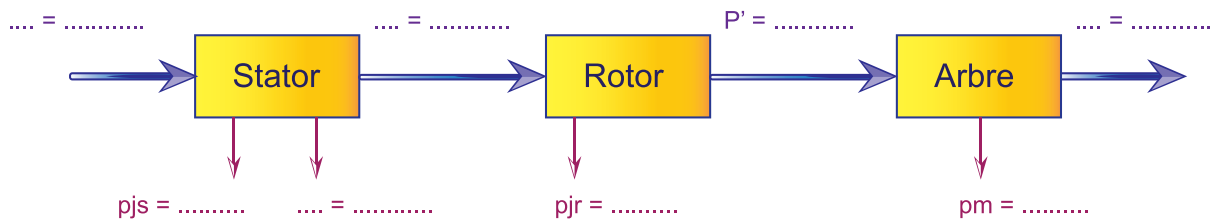


Figure 20

IV- Caractéristiques du moteur

1. Tableau de valeurs

En faisant varier la valeur du frein magnétique autour du point de fonctionnement nominal, remplir le tableau suivant :

| Frein | I(A) | Pa(W) | n(tr/min) | Tu(Nm) |
|-------|---------------|-------|-----------|--------|
| ..... | $I_n/4=.....$ | ..... | ..... | ..... |
| ..... | $I_n/2=.....$ | ..... | ..... | ..... |
| ..... | $I_n=.....$ | ..... | ..... | ..... |

2. Caractéristique électromécanique

2.1. Tracer la caractéristique électromécanique $I = f(n)$ du moteur (voir figure 21).

2.2. Faire apparaître sur cette caractéristique les points de fonctionnement correspondant au fonctionnement nominal N et au fonctionnement à vide V.

Prélever leurs coordonnées.

- ✓ Point de fonctionnement nominal : N (..... ,
- ✓ Point de fonctionnement à vide : V (..... ,

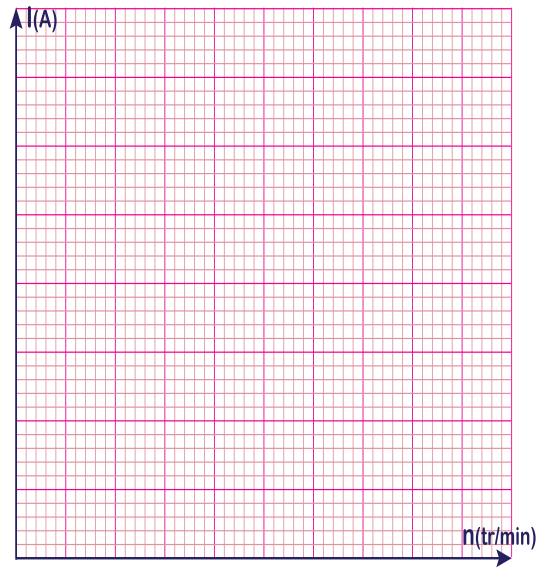


Figure 21

3. Caractéristique mécanique

3.1. En se référant au tableau de valeurs prélevées précédemment, tracer la caractéristique mécanique $T_u = f(n)$.



Figure 22

3.2. Indiquer sur cette caractéristique les points de fonctionnement correspondant au fonctionnement nominal N et au fonctionnement à vide V. Prélever leurs coordonnées.

- ✓ Point de fonctionnement nominal : N (.....,
- ✓ Point de fonctionnement à vide : V (.....,

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

3.3. Décrire la courbe obtenue au voisinage du point de fonctionnement au régime nominal.



ACTIVITÉ 5 : Bilan de puissances et caractéristiques d'un moteur asynchrone triphasé

Simulation d'un moteur asynchrone triphasé

NB :

- ✓ La réalisation de l'activité nécessite l'utilisation du logiciel MAS.
- ✓ Le couplage du moteur alimenté en triphasé peut être changé. Par défaut, il est couplé en triangle.
- ✓ Le moteur est freiné. Par défaut, la charge du moteur est un frein à poudre qui permet de régler la valeur du moment du couple.



Aide à l'activité 5

Au niveau de l'arbre, trois grandeurs sont mesurées :

- Le glissement g exprimé en % ;
- la fréquence de rotation n exprimée en tours par minutes ;
- le moment du couple sur l'arbre T_u exprimé en Newtons mètres.

I- Grandeurs caractérisant le moteur triphasé

1. Lancer le logiciel MAS.

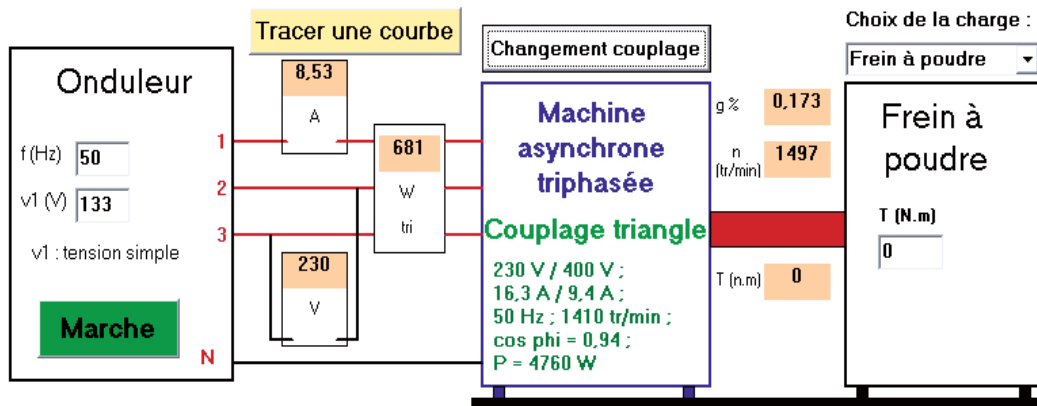


Figure 23

2. La plaque signalétique du moteur asynchrone est représentée en vert sur la figure 23. Compléter le tableau ci-dessous par le nom des grandeurs physiques relatives aux valeurs suivantes.

| 230V | 400V | 16.3A | 9.4A | 1410 tr/min | 4760W |
|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|
| | | | | | |
| | | | | | |

3. Préciser les grandeurs mesurées par :

- ✎ Le voltmètre?
- ✎ L'ampèremètre?
- ✎ Le wattmètre?

II- Essai à vide

Dans cette simulation, la machine asynchrone fonctionne en moteur et elle est couplée en **triangle**. Elle est alimentée par un onduleur triphasé permettant de générer des tensions triphasées dont on peut faire varier :

- la fréquence f ;
- la valeur efficace d'une tension simple V_1 .

1. Régler les paramètres du réseau pour alimenter le moteur en couplage **triangle**. On prend :

$$f = 50\text{Hz} , V_1 = 133\text{V}$$

2. Lancer la simulation en appuyant sur le bouton marche de l'onduleur et en fixant $T_u=0$ (fonctionnement à vide).

3. Relever l'intensité en ligne I_0 , la puissance active absorbée P_{a0} , le glissement g_0 et la fréquence de rotation à vide n_0 .

| $I_0(\text{A})$ | $P_{a0}(\text{W})$ | $g_0(\%)$ | $n_0(\text{tr}/\text{min})$ | $U(\text{V})$ |
|-----------------|--------------------|-----------|-----------------------------|---------------|
| | | | | 230 |

4. Calculer le facteur de puissance à vide $\cos\varphi_0$.



.....

5. Préciser la valeur de la fréquence de synchronisme.



.....

6. Calculer le nombre de paires de pôles (p) du stator du moteur.



.....

7. Au stator, la puissance perdue est due aux pertes dans le fer p_{fs} et aux pertes Joules p_{js0} .

Calculer p_{js0} . On prendra $r = 1,5 \Omega$ avec r la résistance d'un enroulement du stator.



.....

8. Calculer les pertes collectives p_c (supposées constantes).



.....

9. En déduire la valeur des pertes mécaniques p_m et des pertes fer statoriques p_{fs} en admettant qu'elles soient égales.



.....

.....

© Tous droits réservés au Centre National de la Recherche Scientifique

III- Essai en charge nominale

1. Alimenter le moteur sous tension et fréquence nominales avec un couplage triangle.
2. Régler le frein à poudre afin que le moteur atteigne son point de fonctionnement nominal ($n=1410$ tr/min).

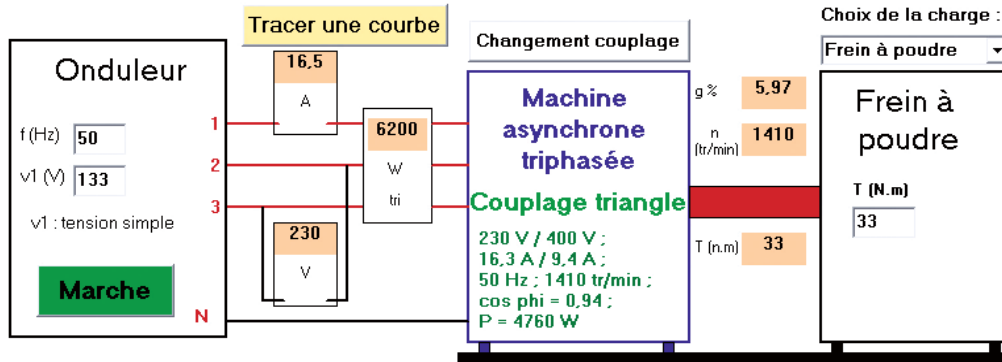


Figure 24

3. Relever le couple utile T_u , le glissement g , la puissance active P_a et le courant de ligne I .

| n(tr/min) | T_u (Nm) | g(%) | P_a (W) | I(A) | U(V) |
|-----------|------------|-------|-----------|-------|-------|
| 1410 | | | | | |

4. Calculer :

- 4.1. Le facteur de puissance nominal.



.....

- 4.2. La puissance transmise au rotor P_{tr} .



.....

- 4.3. Le couple électromagnétique T_{em} .



.....

- 4.4. La puissance mécanique P' .



.....

- 4.5. La puissance mécanique utile P_u .



.....

5. Reporter les valeurs trouvées précédemment sur le bilan de puissance en charge nominale ci-dessous :

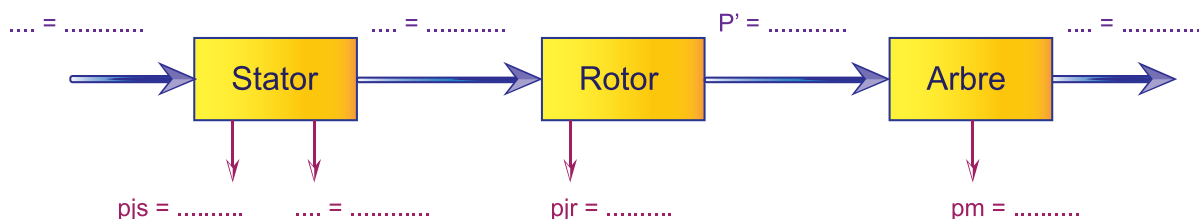


Figure 25

IV- Caractéristiques du moteur

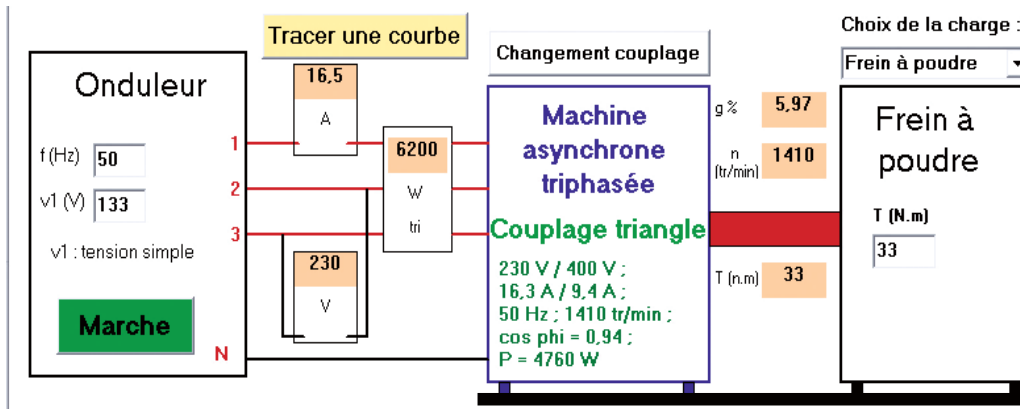


Figure 26

1- Tableau de valeurs

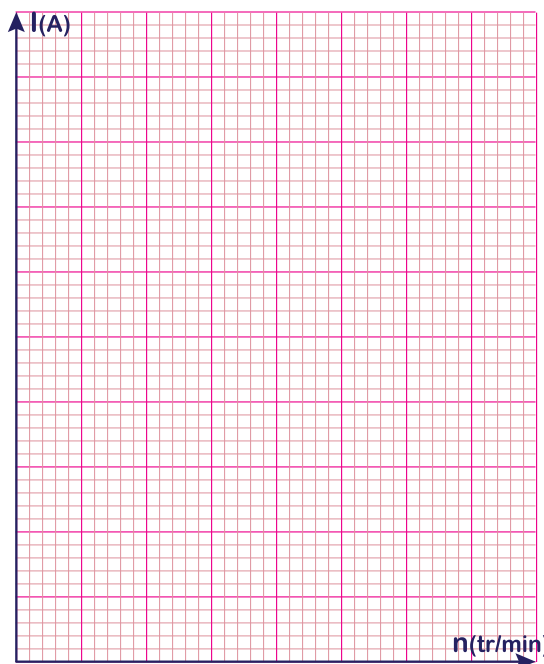
NB : La fréquence et la tension d'alimentation sont maintenues constantes.

- 1.1. Alimenter le moteur sous tension et fréquence nominales avec un couplage triangle. Le moteur est chargé par le frein à poudre.
- 1.2. Relever les valeurs du courant I(A) et de la vitesse n(tr/min) en faisant varier la charge.

| Tu(Nm) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| I(A) | | | | | | | | |
| n(tr/min) | | | | | | | | |

2- Caractéristique électromécanique

2.1. Tracer la caractéristique électromécanique $I = f (n)$ du moteur.



© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Figure 27

2.2. Faire apparaître sur cette caractéristique les points de fonctionnement correspondant au fonctionnement nominal N et au fonctionnement à vide V. Prélever leurs coordonnées.

- ✓ Point de fonctionnement nominal : N (.....,
- ✓ Point de fonctionnement à vide : V (.....,

3. Caractéristique mécanique

3.1. En se référant au tableau de valeurs prélevées précédemment, tracer la caractéristique mécanique $T_u = f(n)$.



Figure 28

3.2. Indiquer sur cette caractéristique les points de fonctionnement correspondant au fonctionnement nominal N et au fonctionnement à vide V. Prélever leurs coordonnées.

- ✓ Point de fonctionnement nominal : N (.....,
- ✓ Point de fonctionnement à vide : V (.....,

3.3. Décrire la courbe obtenue au voisinage du point de fonctionnement au régime nominal.

.....

ACTIVITÉ 6 : Démarrage des moteurs asynchrones triphasés



Aide à l'activité 6 Vidéo3 TH5_seq2

J'observe l'objet d'apprentissage

La figure ci-contre représente une station de lavage de voitures équipée principalement de cinq moteurs asynchrones triphasés :

- Un moteur M1 pour l'avance et le recul du portique qui supporte deux rouleaux verticaux et un rouleau horizontal ;
- un moteur M2 pour la montée et la descente du rouleau horizontal;
- un moteur M3 associé à un mécanisme permettant la rotation des trois rouleaux ;
- deux moteurs M4 et M5 (non représentés) entraînant les brosses de lavage des jantes.

Ces moteurs sont alimentés par un réseau triphasé équilibré 230V/400V-50Hz.

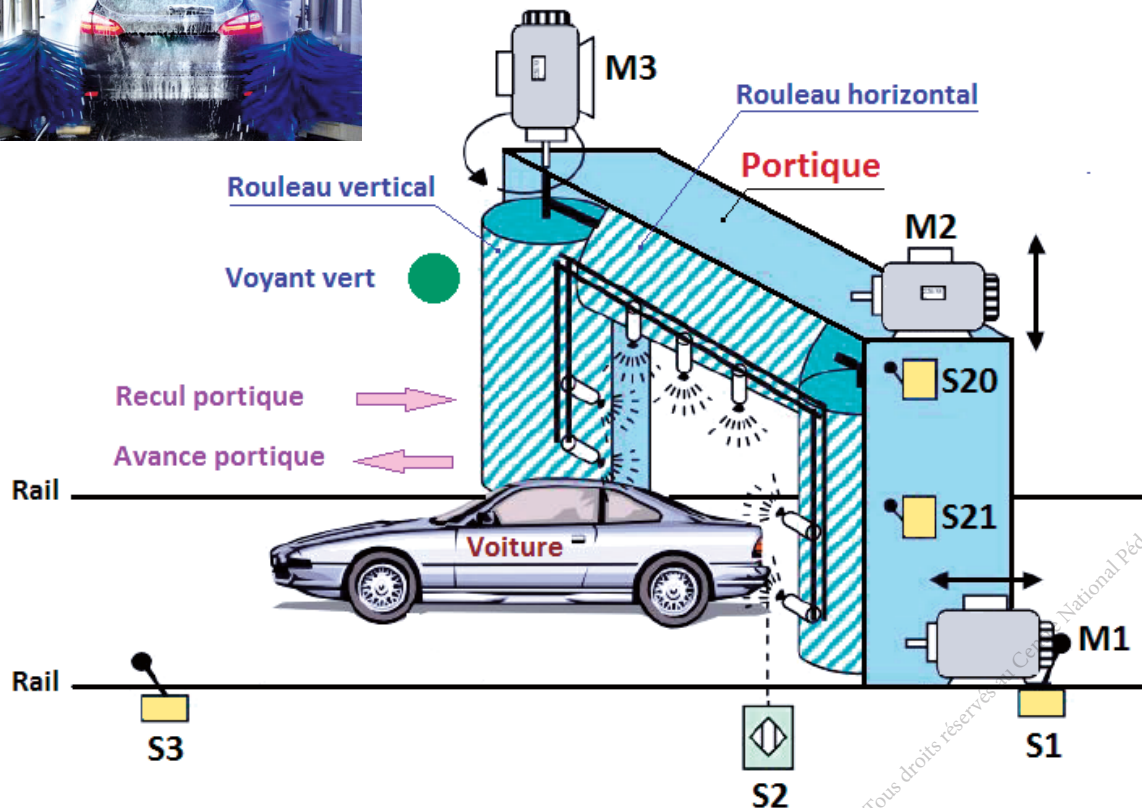


Figure 29



Problématique :

- Quels procédés faut-il adopter pour démarrer les moteurs asynchrones triphasés?
- Comment choisir les appareils utilisés dans la chaîne de commande et de protection des moteurs asynchrones triphasés?



J'analyse la situation



Mise en œuvre d'une solution



En petits groupes :

1. Compléter le tableau suivant par :

un seul sens de marche ; deux sens de marche .

| Moteur M1 | Moteur M2 | Moteur M3 |
|-----------|-----------|-----------|
| | | |

2. Essayer de répondre aux questions suivantes :

2.1. Quelles sont les fonctions à assurer par les appareils utilisés dans une chaîne de commande et de protection d'un moteur?



.....

2.2. Comment inverser le sens de rotation d'un moteur asynchrone triphasé?



.....

3. Citer un type de procédé de démarrage.



.....

.....

ACTIVITÉ 7 : Démarrage direct

NB : Conditions de réalisation :

☞ Les six extrémités des enroulements du stator du moteur du laboratoire sont accessibles. Le couplage n'est pas réalisé.

☞ Le câblage du circuit de puissance et du circuit de commande sont incomplets. Le moteur n'entraîne aucune charge.



Aide à l'activité 7

I- Démarrage direct à un seul sens de marche

Le moteur M4 présente les caractéristiques suivantes :

230V/400V – 50Hz ; 5,9A/3,4A ; 1,5Kw.

1. On adopte pour ce moteur le démarrage direct à un seul sens de marche.

Justifier le choix de ce procédé de démarrage.

.....

.....

2. En se référant à "Aide à l'activité 7" et à la figure 32, compléter sur la figure 30, les schémas du circuit de commande et de puissance du moteur M4.

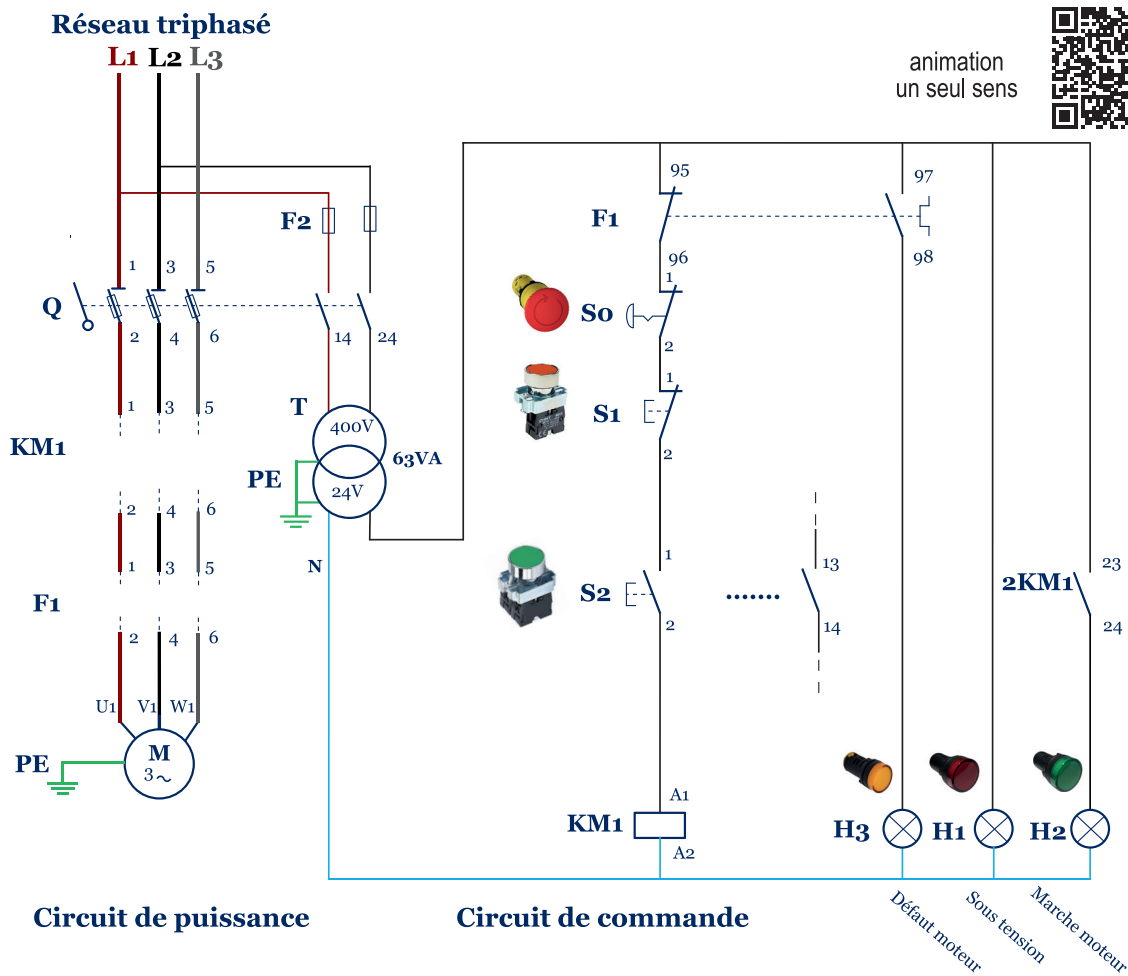


Figure 30

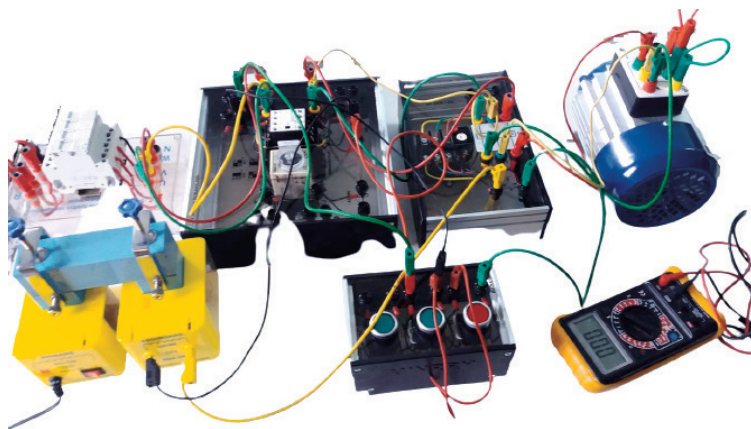


Figure 31

3. Quel est le rôle de la mise à la terre?

.....

.....

.....

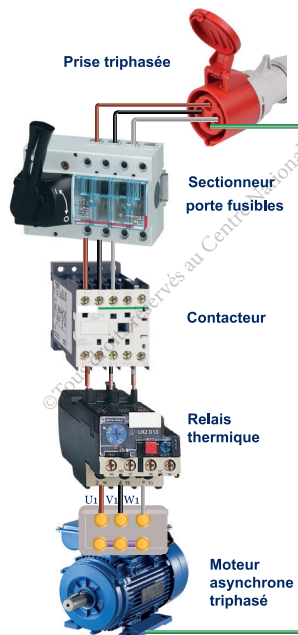


Figure 32

4. Compléter le tableau suivant en indiquant la désignation ou le nom des composants du circuit de commande.

| Désignation | Nom |
|-------------|---|
| ..... | Bouton d'arrêt d'urgence |
| S1 | ..... |
| ..... | Bouton poussoir « marche » |
| ..... | Bobine du contacteur |
| 1KM1 | ..... |
| ..... | Voyant de signalisation « présence tension » |
| H2 | ..... |
| ..... | Voyant de signalisation « surcharges lentes » |

5. Compléter le tableau suivant en indiquant la désignation, le nom ou le rôle des composants du circuit de puissance et leurs caractéristiques.

| Désignation | Nom | Fonction ou rôle | Caractéristiques |
|-------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|
| Q | Sectionneur porte fusibles | ..... ..... | ..... |
| KM1 | ..... | Commander le moteur à distance | ..... |
| ..... | Relais thermique | ..... ..... | ..... |

6. Câbler les deux circuits conformément aux schémas de la figure 30 et vérifier leur fonctionnement en présence du professeur.

7. En se référant au synoptique de dépannage et en cas d'anomalie constatée par les apprenants, déduire la cause de la panne dans le circuit câblé, rechercher cette panne puis effectuer le dépannage et l'essai.



.....
.....



Synoptique de dépannage

II- Mesure de puissances

Le moteur fonctionne à vide.

On désire mesurer la puissance active absorbée par le moteur par deux méthodes.

1. Compléter sur les schémas du circuit de puissance et pour chaque méthode le branchement du (des) wattmètre(s) et du voltmètre mesurant la tension composée.

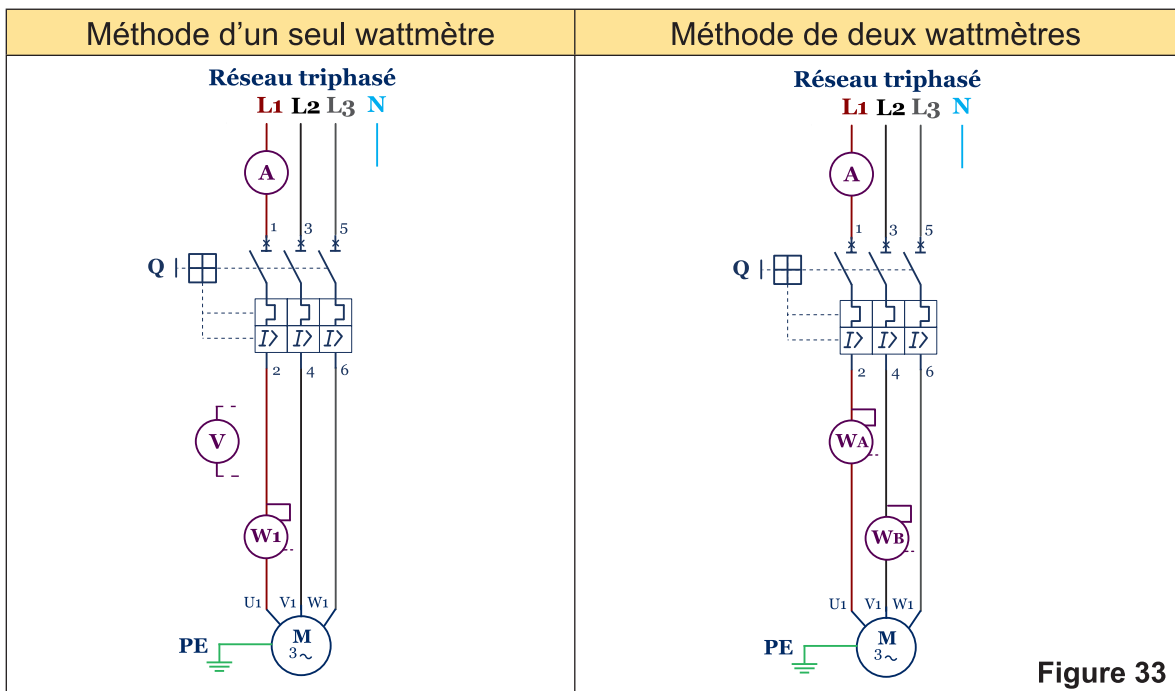


Figure 33

2. En présence du professeur, câbler chaque montage et prélever les indications des différents appareils de mesure.

| Méthode d'un seul wattmètre | | | Méthode de deux wattmètres | |
|-----------------------------|------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| $P_1 = \dots\dots$ | $U = \dots\dots$ | $I_0 = \dots\dots$ | $P_A = \dots\dots$ | $P_B = \dots\dots$ |

3. Calculer pour chaque méthode la puissance active P_{a0} , la puissance réactive Q_0 et la puissance apparente S_0 absorbées par le moteur.

| Méthode d'un seul wattmètre | | | Méthode de deux wattmètres | | |
|-----------------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|
| P_{a0} | S_0 | Q_0 | P_{a0} | Q_0 | S_0 |
| | | | | | |



Détermination de P, Q, S

4. Discuter en plénière les résultats obtenus.

.....

III- Démarrage direct à deux sens de marche

Le moteur M1 présente les caractéristiques suivantes :

230V/400V – 50Hz ; 10,2A/5.9A ; 3Kw.

1. On adopte le démarrage direct à deux sens de marche pour le moteur M1. Justifier le choix de ce procédé de démarrage.

.....

1.1. Que doit-on ajouter au circuit de puissance de la figure 30 pour inverser le sens de rotation du moteur M1 ?

1.2. Compléter sur la figure 34 :

- Le circuit de puissance par les liaisons nécessaires pour inverser le sens de rotation du moteur et le symbole du sectionneur porte fusibles.
- Le circuit de commande par les contacts et les désignations qui manquent.

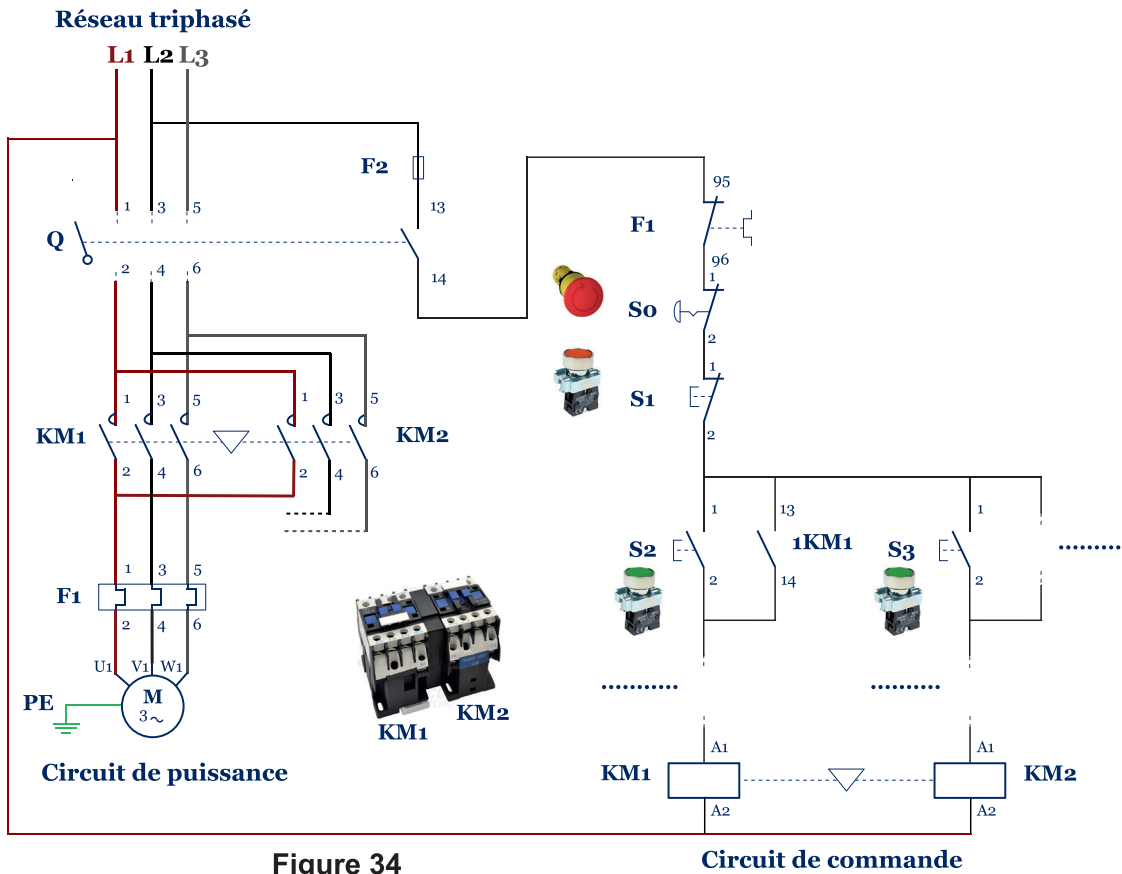


Figure 34

Circuit de commande

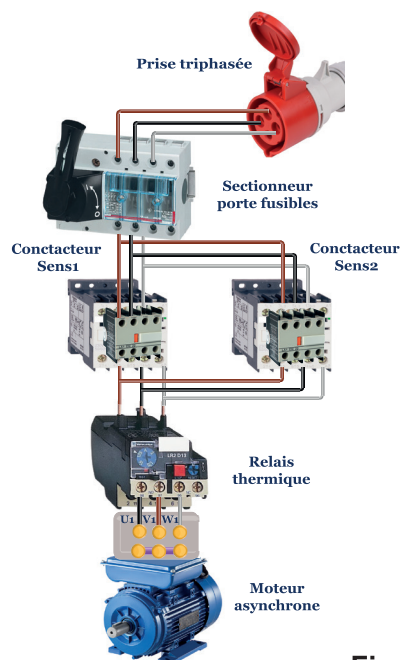


Figure 35



Animation
deux sens de
marche

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

2. Identifier les composants utilisés dans ce montage :

| Désignation | Nom | Rôle ou fonction |
|-------------|-------------------------------------|--|
| KM1 , KM2 | ..... | Commander le moteur dans les deux sens |
| ▽ | Verrouillage mécanique | ..... |
| 1KM1 | ..... | Assurer l'auto-alimentation de la bobine du contacteur KM1 |
| 1KM2 | Contact d'auto-alimentation | ..... |
| ..... | Contacts de verrouillage électrique | ..... |

3. Câbler les deux circuits conformément aux schémas de la figure 34 et vérifier leur fonctionnement en présence du professeur.



ACTIVITÉ 8 : Démarrage étoile-triangle à un seul sens de marche

Le moteur M3 porte sur sa plaque signalétique les indications suivantes : 400V/690V- 50Hz ; 12A/7A ; 6KW.

Ce moteur est couplé sur un réseau 230V/400V- 50Hz. Les caractéristiques $T_u=f(n)$ et $I=f(n)$ du moteur M3 dans le cas de démarrage direct couplé en étoile et dans le cas de démarrage direct couplé en triangle sont représentées respectivement par les figures 36 et 37.



Vidéo4
TH5_seq2

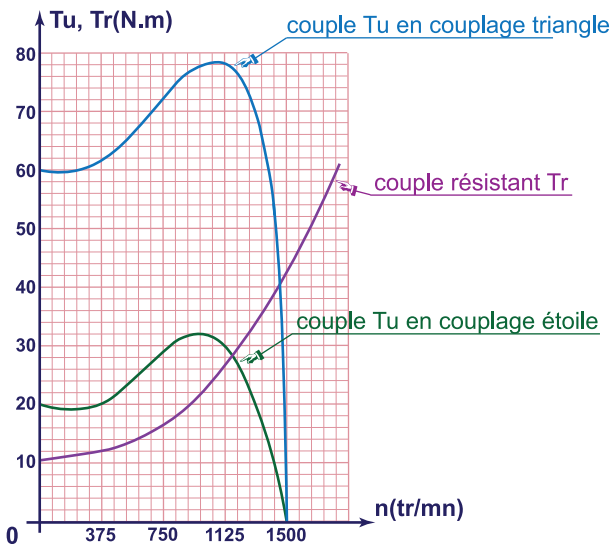


Figure 36

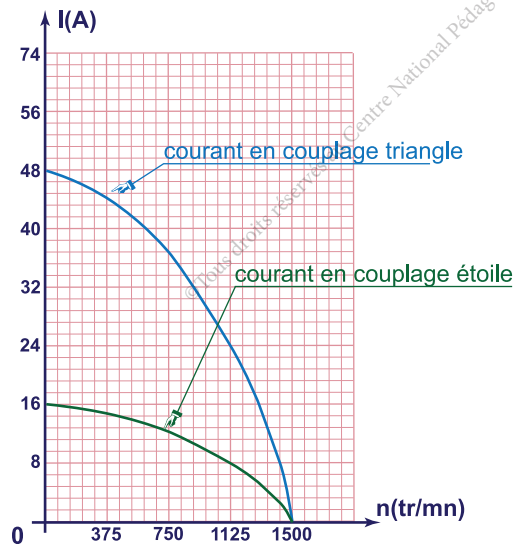
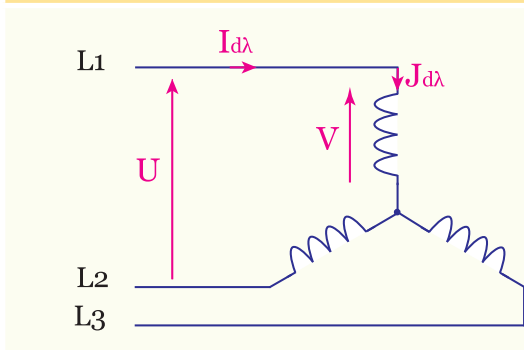


Figure 37

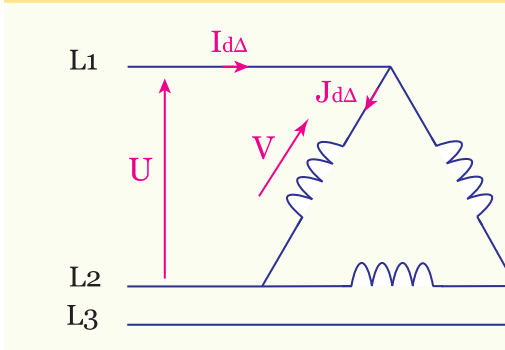
1. Pour chaque mode de couplage et en se référant aux figures 36 et 37, compléter le tableau ci-dessous en :

- Précisant les valeurs du couple de démarrage $T_{d\lambda}$ et $T_{d\Delta}$;
- prélevant les valeurs du courant de démarrage $I_{d\lambda}$ et $I_{d\Delta}$;
- déduisant les valeurs du courant de phase $J_{d\lambda}$ et $J_{d\Delta}$;
- indiquant la valeur de la tension que peut supporter un enroulement ;
- précisant la valeur de la tension appliquée à chaque enroulement.

Fonctionnement en couplage étoile



Fonctionnement en couplage triangle



Couple de démarrage $T_{d\lambda} = \dots\dots\dots$

Couple de démarrage $T_{d\Delta} = \dots\dots\dots$

Courant de démarrage $I_{d\lambda} = \dots\dots\dots$

Courant de démarrage $I_{d\Delta} = \dots\dots\dots$

Courant de démarrage $J_{d\lambda} = \dots\dots\dots$

Courant de démarrage $J_{d\Delta} = \dots\dots\dots$

Tension pouvant être supportée par un enroulement $\dots\dots\dots V$

Tension pouvant être supportée par un enroulement $\dots\dots\dots V$

Tension aux bornes d'un enroulement $\dots\dots\dots V$

Tension aux bornes d'un enroulement $\dots\dots\dots V$

2. Conclure sur les courants de démarrage en calculant les rapports $I_{d\Delta} / I_{N\Delta}$ et $I_{d\Delta} / I_{d\lambda}$. ($I_{N\Delta}$: courant nominal pour un couplage triangle)

$$I_{d\Delta} / I_{N\Delta} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

$$I_{d\Delta} / I_{d\lambda} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

Conclusion :

☒ Couplé en triangle, le courant de démarrage est $\dots\dots\dots$ plus $\dots\dots\dots$ que celui du fonctionnement nominal.

☒ Le courant de démarrage en étoile est trois fois plus $\dots\dots\dots$ que celui du démarrage en triangle.

3. Peut-on adopter un démarrage direct à ce moteur couplé en triangle? justifier la réponse et conclure.



Aide à l'activité 8

4. On désire limiter les risques causés par l'appel du courant fort lors du démarrage direct.

4.1. Déduire à partir de ce qui précède un procédé de démarrage en cochant la case convenable :

- Démarrer le moteur en couplage triangle puis basculer vers un couplage étoile.
 Démarrer le moteur en couplage étoile puis basculer vers un couplage triangle.

4.2. Discuter le choix de la solution adoptée. Qu'appelle-t-on ce procédé ?

5. Le basculement du couplage étoile au couplage triangle est assuré par deux contacteurs KM2 et KM3 (voir figure 38).

- Compléter le circuit de commande de la figure 39 en précisant la désignation des bobines des contacteurs KM2 et KM3.
- Compléter le circuit de puissance de la figure 39 en représentant les liaisons nécessaires pour raccorder les contacteurs KM2 et KM3.

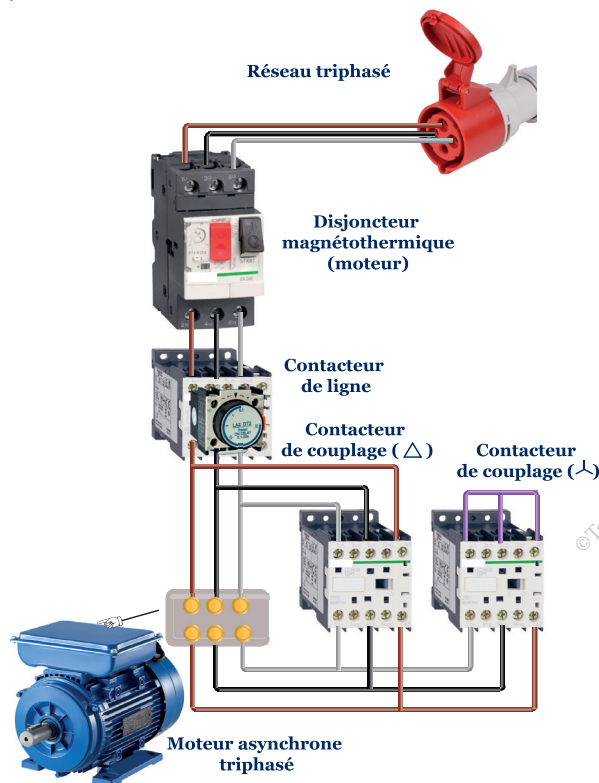


Figure 38

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

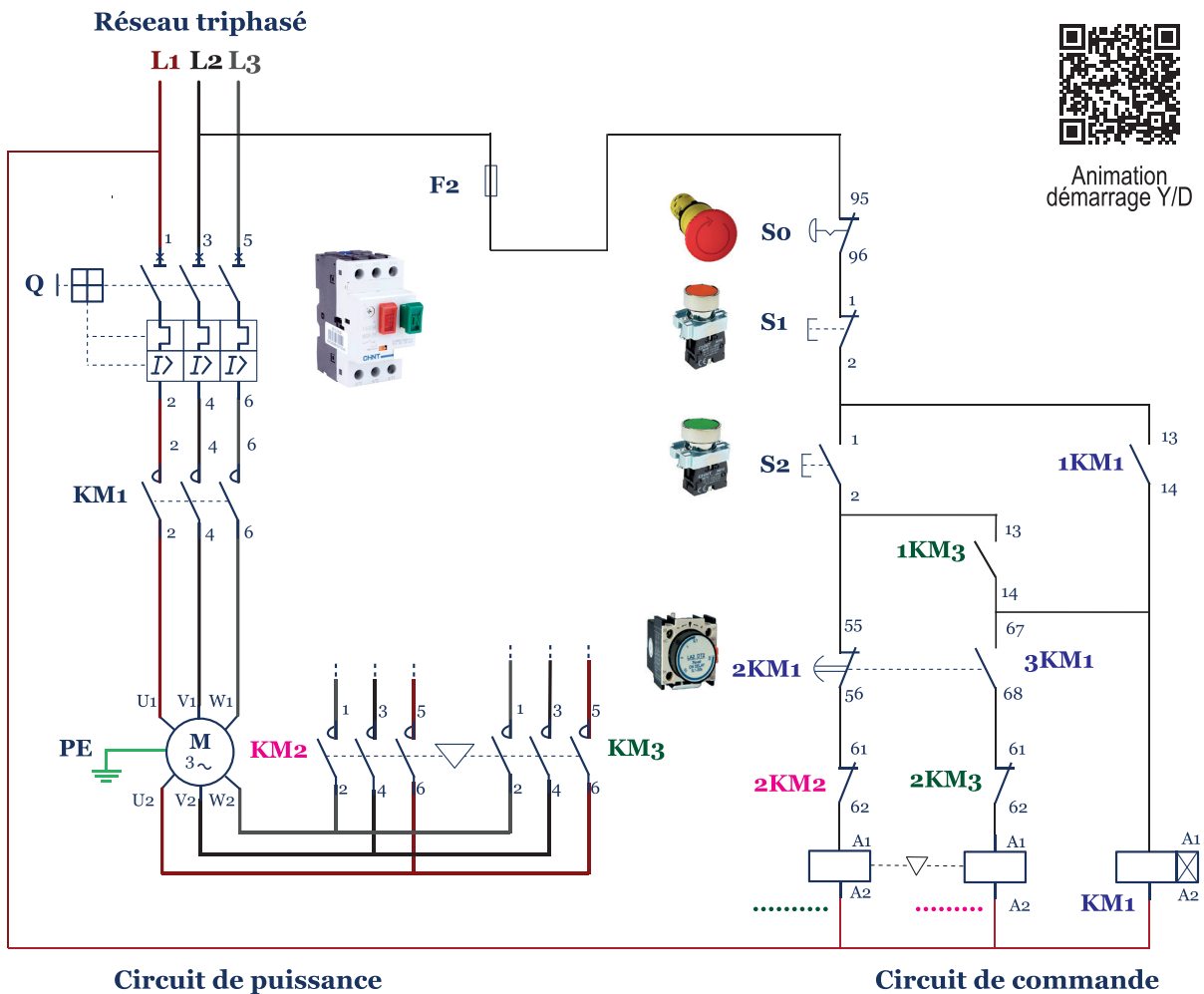


Figure 39

6. Identifier les composants électriques utilisés pour réaliser un démarrage étoile triangle :

| Désignation | Nom | Rôle ou fonction |
|-------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| ..... | Contacteur de ligne | Commander le moteur à distance |
| KM2 | ..... | Coupler les enroulements en triangle |
| KM3 | Contacteur du couplage λ | ..... |
| 2KM1, 3KM1 | Contacts temporisés | ..... |

ACTIVITÉ 9 : Critères de choix des composants d'une chaîne de commande et de protection d'un moteur asynchrone triphasé

Le **choix** d'un moteur asynchrone triphasé dépend de nombreux critères tels que :

- Le réseau d'alimentation ;
- la machine entraînée ;
- le type de démarrage ;
- la vitesse de rotation ;
- le mode de couplage ; etc...

Nous cherchons à choisir la référence du moteur **M4** capable d'entraîner les brosses de lavage des jantes.

En se référant aux documents constructeurs, (voir codes QR ci-dessous), choisir :

- Une référence convenable au moteur triphasé M4 ;
- les appareils nécessaires au circuit de démarrage direct.



Catalogue Moteurs

Etape n°1 : Choix du moteur

Compléter la fiche technique du moteur choisi :

| Référence | Puissance nominale (KW) | Vitesse nominale (tr/min) | Couple nominal (Nm) | Courant nominal (A) | Facteur de puissance (4/4) | Rendement (4/4) | Rapport du courant (I _d /I _n) | Rapport du couple (T _d /T _n) |
|-----------|-------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|-----------------|--|---|
| | | | | | | | | |



Catalogue Relais

Etape n°2 : Choix du relais thermique

Compléter la fiche technique du relais choisi :

| Relais thermique | Fonction | Zone de réglage du relais | Accessoires associés au relais |
|------------------|----------|---------------------------|--------------------------------|
| Ref : | | | |

* **Fusibles aM** (accompagnement Moteur) :

Les fusibles de type aM sont principalement utilisés pour la protection des moteurs. Ils sont conçus pour résister aux courants de démarrage élevés des moteurs électriques.

* **Fusibles gG** : Les fusibles de type gG sont généralement utilisés pour la protection des circuits de distribution et de puissance. Ils sont adaptés pour la protection générale des installations électriques.

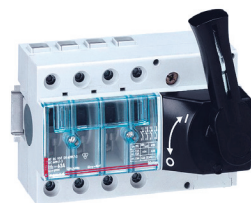


Catalogue
Fusibles

Etape n°3 : Choix des fusibles

Compléter la fiche technique des fusibles choisis :

| Fusibles | Fonction | Type | Calibre | Taille cartouches fusibles (mm) |
|----------------|----------------|-----------|---------|---------------------------------|
| Ref : | | aM | ..... | 10x38 |

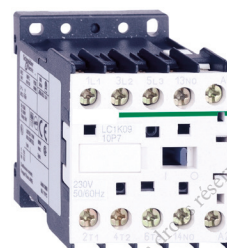


Catalogue
Sectionneurs

Etape n°4 : Choisir le sectionneur porte fusibles

Compléter la fiche technique du sectionneur tripolaire choisi :

| Sectionneur tripolaire | Fonction | Type de raccordement | Calibre | Taille cartouches fusibles (mm) |
|------------------------|----------------|----------------------|---------|---------------------------------|
| Ref : | | par vis-triers | ..... | ..... |



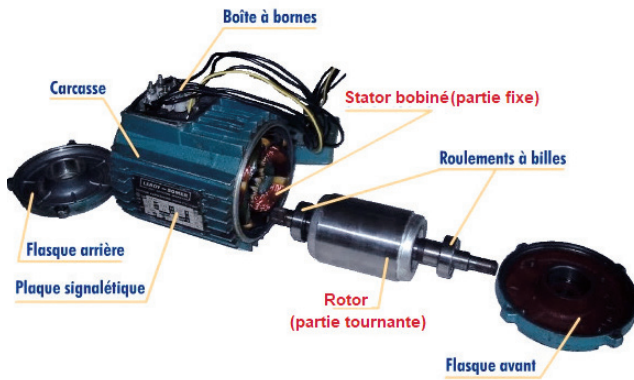
Catalogue
Contacteurs

Etape n°5 : Choix du contacteur KM1

Compléter la fiche technique du contacteur tripolaire choisi :

| Contacteur tripolaire | Fonction | Puissance | Tension d'alimentation bobine |
|-----------------------|----------------|-----------|-------------------------------|
| Ref : | | | 24V alternative-50Hz |

1 Constitution d'un moteur asynchrone triphasé



Un moteur asynchrone triphasé se compose de deux parties principales : le stator et le rotor.

- Le **stator** est constitué de trois bobines couplées en étoile ou en triangle. Ces bobines, alimentées par un réseau triphasé, créent un champ magnétique tournant à la vitesse de synchronisme (ns).
- Le **rotor** tourne à une vitesse (n) légèrement inférieure à (ns).

2 Glissement g

- Le glissement (g) est défini par :

$$g = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s} = 1 - \frac{\Omega}{\Omega_s} = \frac{ns - n}{ns} = 1 - \frac{n}{ns}$$

Avec : $\Omega = 2 \cdot \pi \cdot n$ $\Omega_s = 2 \cdot \pi \cdot ns$

- $ns = f/p$ avec
 f : fréquence du réseau en Hertz (généralement $f = 50\text{Hz}$).
 ns : vitesse de synchronisme en tours par seconde.
 p : nombre de paires de pôles du stator.

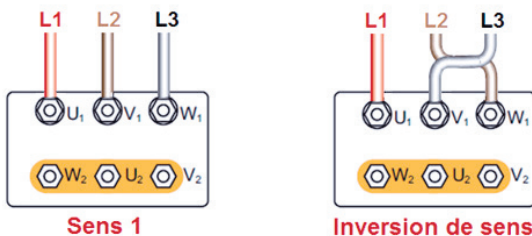
Remarque :

g est un nombre positif, sans unité et inférieur à 1. Il est exprimé en pourcent.

- ☞ Au Démarrage, $n = 0 \Rightarrow g = 1$
- ☞ A vide, $n \approx ns \Rightarrow g \approx 0$

3 Inversion du sens de rotation d'un moteur asynchrone triphasé

On inverse **deux** phases parmi trois



4 Vitesse de synchronisme

Nbre de pôles Nbre de paires pôles Vitesse de synchronisme

| Moteur | 2p | p | ns (tr/mn) |
|--------------|----|---|--------------|
| bipolaire | 2 | 1 | 3000 |
| tétrapolaire | 4 | 2 | 1500 |
| héxapolaire | 6 | 3 | 1000 |
| octopolaire | 8 | 4 | 750 |



5 Couplage des enroulements statoriques

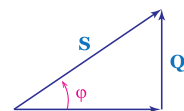
| Couplage étoile | | |
|--|----------------------|-----------------------------------|
| Liaison des enroulements | Barrettes de liaison | Equations |
| <p>Chaque enroulement est soumis à la tension simple</p> | | $U = \sqrt{3} \cdot V$ $I = J$ |
| Couplage triangle | | |
| Liaison des enroulements | Barrettes de liaison | Equations |
| <p>Chaque enroulement est soumis à la tension composée</p> | | $U = V$ $I = \sqrt{3} \cdot J$ |

6 Couplage des enroulements statoriques

| Méthode d'un seul wattmètre (Présence du fil neutre pour la mesure de P) | Méthode de deux wattmètres (Absence du fil neutre) |
|---|--|
| $P = 3 \cdot P_1$ <p>Récepteur triphasé équilibré</p> | $P = P_1 + P_2$ $Q = \sqrt{3} (P_1 - P_2)$ <p>Récepteur triphasé équilibré</p> |

7 Puissances mises en jeu

| Puissance | Désignation | Unité | Formule (étoile ou triangle) |
|-----------|-------------|-------|--|
| Active | P | W | $3 \cdot V \cdot J \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$ |
| Réactive | Q | VAR | $3 \cdot V \cdot J \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$ |
| Apparente | S | VA | $3 \cdot V \cdot J = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$ |



$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$Q = P \cdot \tan \varphi$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$$\sin \varphi = \frac{Q}{S}$$

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



8 Bilan de puissances

Pertes mises en jeu:

- pfs : pertes fer dans le stator.
- pjs : pertes par effet Joule dans le stator.
- pjr : pertes par effet Joule dans le rotor.
- pm : pertes mécaniques.
- pc : pertes constantes.

Couples:

Tem : couple électromagnétique $T_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega_s}$

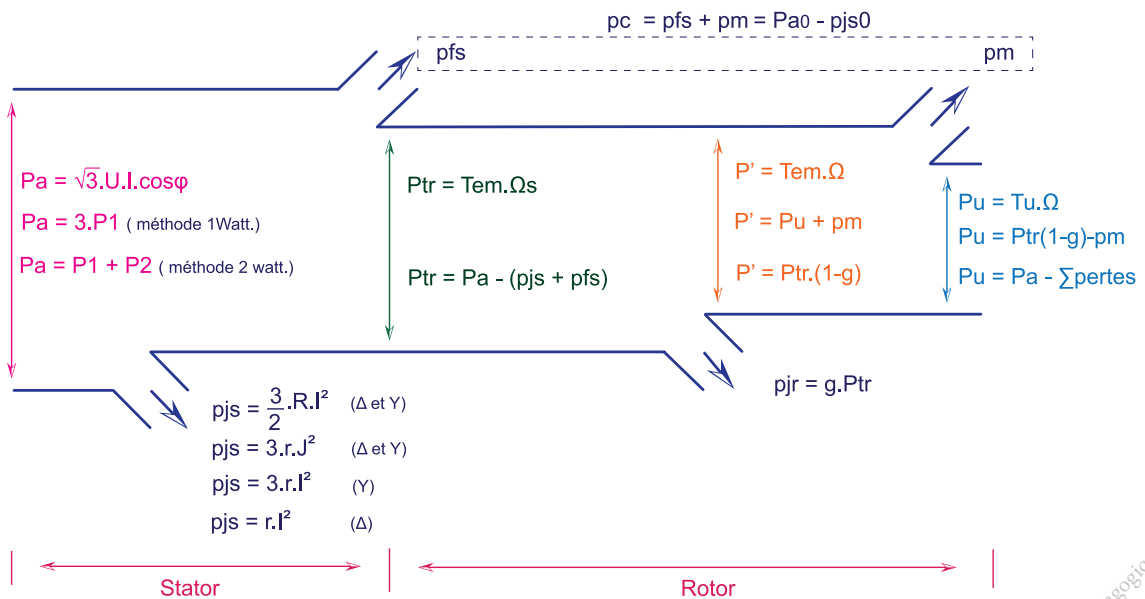
Tu : couple utile $T_u = \frac{P_u}{\Omega}$

Puissances mises en jeu :

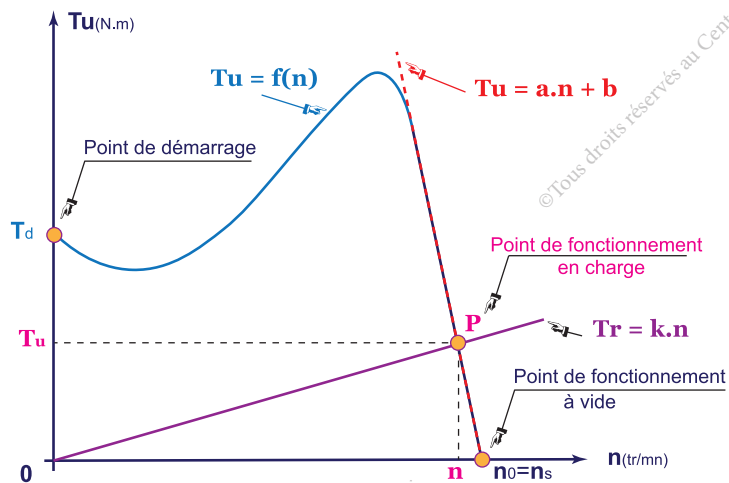
- Pa : puissance absorbée par le moteur.
- Ptr = Pem : puissance transmise au rotor.
- P' : puissance mécanique.
- Pu : puissance utile.

Résistances :

- r : résistance d'un enroulement statorique.
- R : résistance entre deux bornes (phases).



9 Caractéristique mécanique et point de fonctionnement

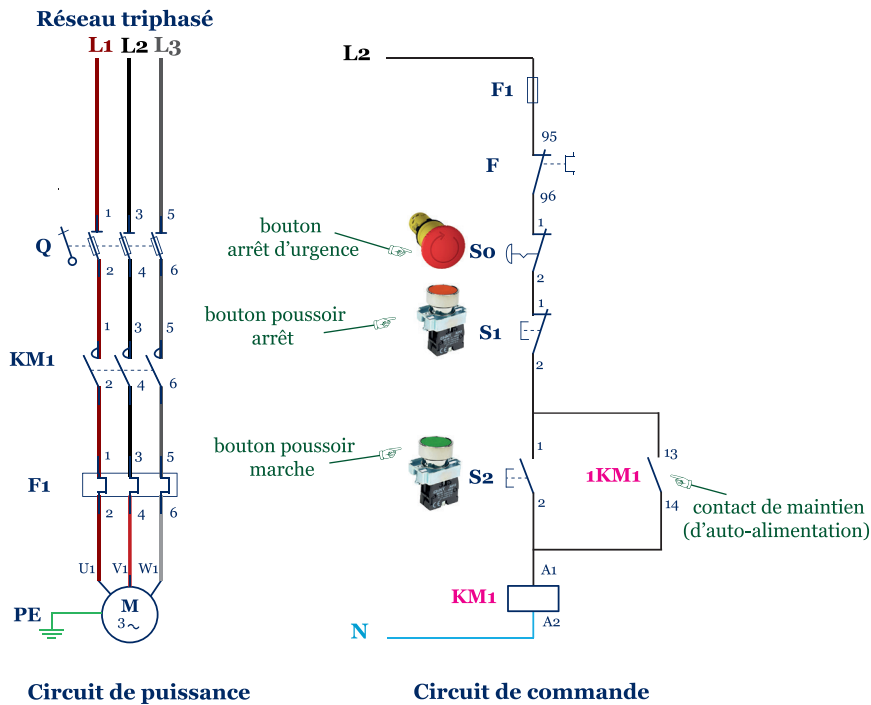


© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



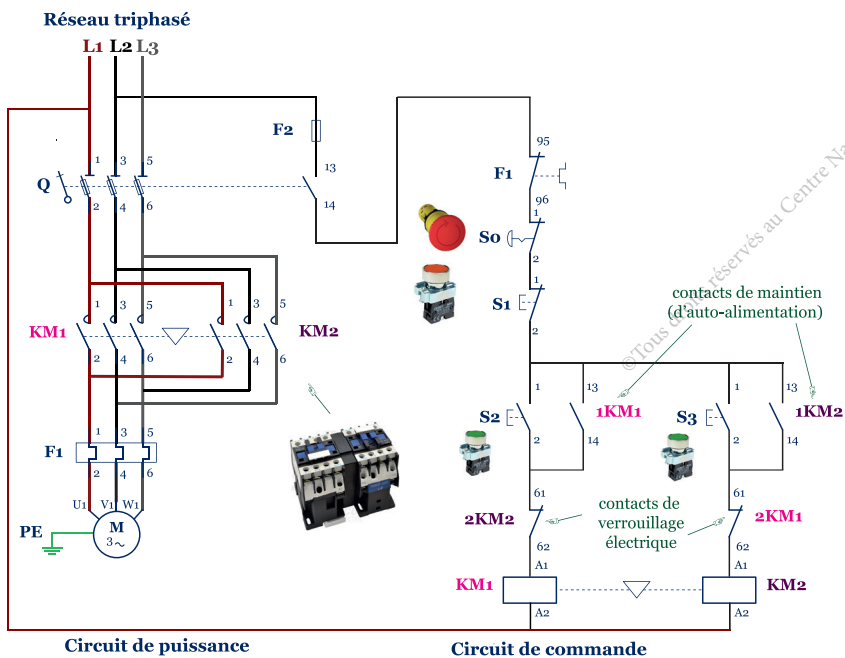
10 Démarrage direct à un seul sens de marche

Le stator est branché directement sur le réseau d'alimentation triphasé.



11 Démarrage direct à deux sens de marche

L'inversion du sens de marche est obtenue par la permutation de 2 fils de phases d'alimentation, le troisième restant inchangé. On inverse ainsi le sens du champ tournant, et par conséquent le sens de rotation du rotor.



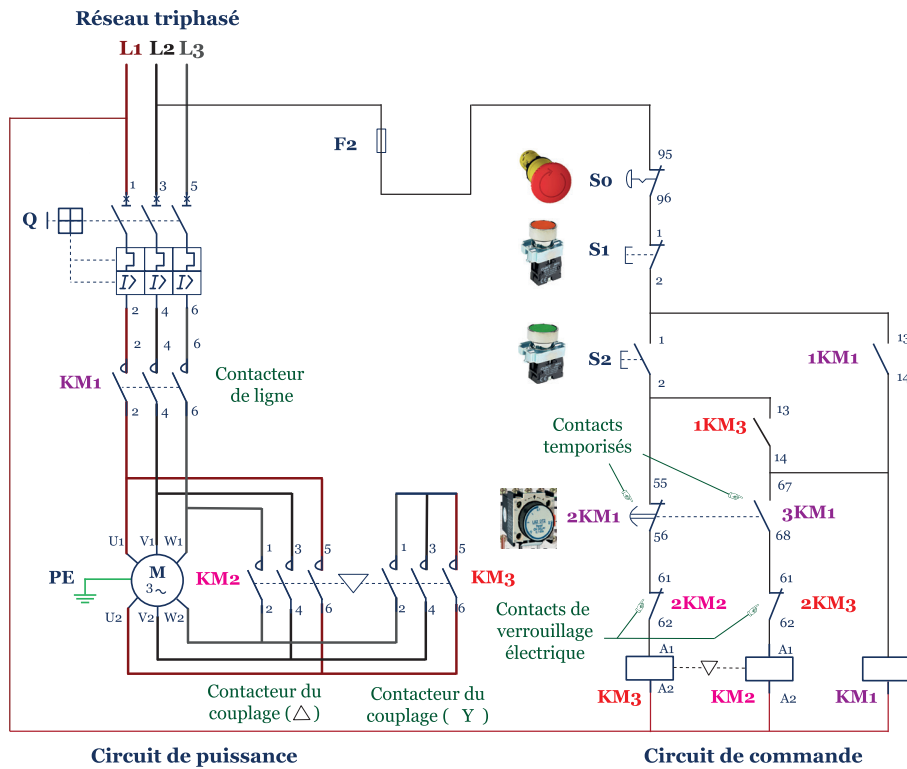


12 Démarrage étoile triangle à un seul sens de marche

Principe :

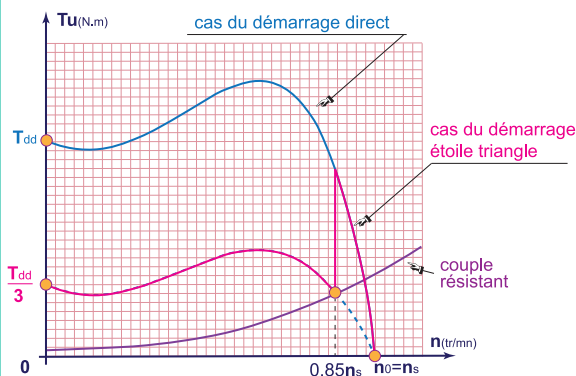
- **Premier temps** : mise sous tension et couplage en **étoile** des enroulements statoriques. Le moteur démarre à **tension réduite (tension simple)**.
- **Deuxième temps** : suppression du couplage étoile et mise en couplage **triangle**. Le moteur est alimenté à **pleine tension (tension composée)**.

Circuit de puissance et circuit de commande :

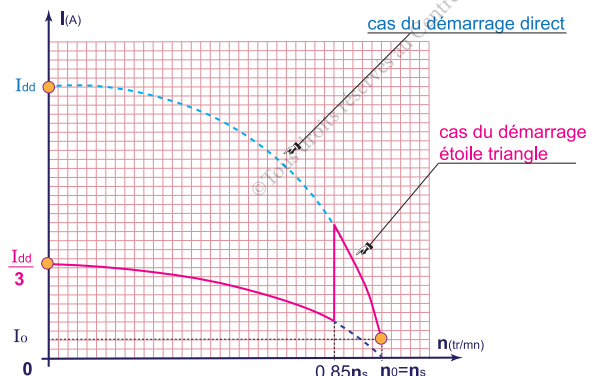


Evaluation TH5_seq2

Caractéristiques mécanique et électromécanique :

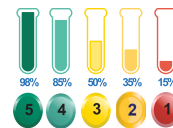


T_{dd} : couple de démarrage direct.
 $T_d = T_{dd}/3$: couple de démarrage étoile triangle.



I_{dd} : courant de démarrage direct.
 $I_d = I_{dd}/3$: courant de démarrage étoile triangle

Grille d'auto-évaluation



| Thème 5_seq2 | Activités | | | | |
|---|-----------------------|----------------|---------------|------------------|-------------|
| Critères d'auto-évaluation | Degrés d'appréciation | | | | |
| | 5 Excellent | 4 Très bien | 3 Passable | 2 Insuffisant | 1 Faible |
| Compétences disciplinaires attendues | | | | | |
| CD1.2 : Déterminer les caractéristiques d'une machine ou d'un montage électrique. | | | | | |
| J'ai réussi à m'approprier les connaissances relatives aux moteurs asynchrones triphasés à cage. | | | | | |
| CD2.2 : Mettre en œuvre une machine ou un montage électrique et analyser les grandeurs électriques ou mécaniques mises en jeu. | | | | | |
| J'ai réussi à mesurer les grandeurs électriques et/ou mécaniques d'un moteur asynchrone triphasé. | | | | | |
| J'ai réussi à analyser les caractéristiques mécaniques et/ou électromécaniques d'un moteur asynchrone triphasé. | | | | | |
| CD3.2 : Décrire une machine électrique ou un montage électrique et en rendre compte. | | | | | |
| J'ai réussi à traiter les circuits de commande et de puissance. | | | | | |
| Les compétences de vie et les éducations à... | | | | | |
| J'ai respecté les règles de communication avec les membres du groupe et mon groupe de classe. | | | | | |
| J'ai appris à prendre les décisions d'une manière efficace. | | | | | |
| J'ai exprimé mes idées d'une manière claire, courte et dans un langage adapté à mes différents interlocuteurs. | | | | | |
| J'ai appliqué correctement les consignes de sécurité. | | | | | |

THÈME 6

MOTEUR À COURANT CONTINU À EXCITATION INDÉPENDANTE

Le thème “Moteur à courant continu à excitation indépendante” permettra aux apprenants d’approfondir leurs savoirs relatifs aux moteurs à courant continu et d’enrichir, également, leurs habiletés relatives à l’étude, le choix et la commande d’un moteur à courant continu en vue d’entraîner un effecteur d’un système technique.

COMPOSANTES DES COMPÉTENCES DISCIPLINAIRES ATTENDUES:

CD
1.2

Déterminer les caractéristiques d’une machine ou d’un montage électrique.

CD
2.2

Mettre en œuvre une machine ou un montage électrique et analyser les grandeurs électriques ou mécaniques mises en jeu.

CD
3.2

Décrire une machine électrique ou un montage électrique et en rendre compte.

COMPÉTENCES DE VIE VISÉES:



Prise de décision.



Communication.



MOTEUR À COURANT CONTINU À EXCITATION INDÉPENDANTE:

1 PRÉREQUIS

- Caractéristiques d’une machine ou d’un montage électrique.
- Règles de sécurité électrique.
- Mise en œuvre d’un montage électrique et analyse des grandeurs électriques ou mécaniques mises en jeu.

3 CONDITIONS MATÉRIELLES NÉCESSAIRES

- Logiciels.
- Maquettes didactiques.
- Appareils de mesure des grandeurs électriques et/ou mécaniques.
- Alimentation stabilisée 5A.

2 SAVOIRS ET SAVOIR-FAIRE NOUVEAUX

- * Moteur à courant continu à excitation indépendante
- Schéma équivalent.
- Bilan énergétique et rendement.
- Caractéristiques électriques et mécaniques.
- Point de fonctionnement.
- Variation de la vitesse:
 - solution câblée
 - solution programmée
- Applications.

4 CRITÈRES D’ÉVALUATION

- Identification correcte et choix justifié d’un moteur à courant continu.
- Mise en œuvre réussie d’un moteur à courant continu.
- Conception correcte d’une carte d’interface de commande d’un moteur à courant continu.
- Coopération active.
- Solution du problème correcte et optimale.
- Exercice de l’esprit critique avec pertinence.
- Négociation argumentée.
- Produit créatif.
- Prise de décision efficace.
- Respect des règles de sécurité.
- Respect total des règles de communication.



CONTENU DU THÈME 6:

| Situation déclenchante : Activité N°1 | Présenter l'objet d'apprentissage : J'observe, j'analyse la situation et je fixe un plan d'action et les étapes à suivre. | | | | |
|---|--|---------------------------|--------------|-------------------------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Apprentissage : <ul style="list-style-type: none"> - Je développe. - J'applique. - Je consolide mes acquis. Évaluation : <ul style="list-style-type: none"> - J'évalue mes acquis. | ACTIVITÉS : | | | CDI.J | SUPPORTS |
| | SÉQUENCE 1: Moteur à courant continu à excitation indépendante | Bilan et caractéristiques | Activité N°2 | CD1.2 CD2.2 CD3.2 | <ul style="list-style-type: none"> - Ressources numériques. - Logiciels. - Maquettes didactiques. - Ordinateurs. - Vidéoprojecteur. - Oscilloscope. - Microcontrôleurs. - Alimentations stabilisées. - Fils de raccordement. - Etc... |
| | | | Activité N°3 | | |
| | | | Activité N°4 | | |
| | Variation de vitesse | Activité N°5 | | | |
| Activité N°6 | | | | | |
| Activité N°7 | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Intégration : <ul style="list-style-type: none"> - Je réinvestis. | J'intègre mes acquis et je réalise mon P.C.E (Projet Commun Encadré). | | | | |



LIENS DES RESSOURCES NUMÉRIQUES:



Evaluation TH6



Cours TH6

© Centre National Pédagogique

Séquence 1

MOTEUR À COURANT CONTINU À EXCITATION INDÉPENDANTE

ACTIVITÉ 1 : Situation déclenchante



Vidéo1 TH6

Problème réel : démarrage des voitures

J'observe l'objet d'apprentissage

En 1910, Henry Leland, fondateur de la marque Cadillac, apprenait la mort d'un conducteur suite à un retour de manivelle (manœuvre avortée) lors du démarrage d'une voiture. Il demandait à des ingénieurs d'inventer un système de démarrage pour remplacer la manivelle (figures 1 et 2).



Figure 1



Figure 2



Problématique : Quelle solution technologique était adoptée pour démarrer le moteur en évitant les risques causés par l'utilisation de la manivelle ?



J'analyse la situation



En petits groupes :

1

Cherchons ensemble des solutions



.....

.....

.....

2 Répondre aux questions suivantes :

- Quelle est la source d'alimentation du démarreur?
.....
- Quelle est la nature du signal (continu ou alternatif) fourni par la source d'alimentation du démarreur?
.....
- Quel est le type du moteur (démarreur) utilisé?
.....

3 Compléter la figure ci-dessous par les principaux constituants d'un moteur à courant continu.

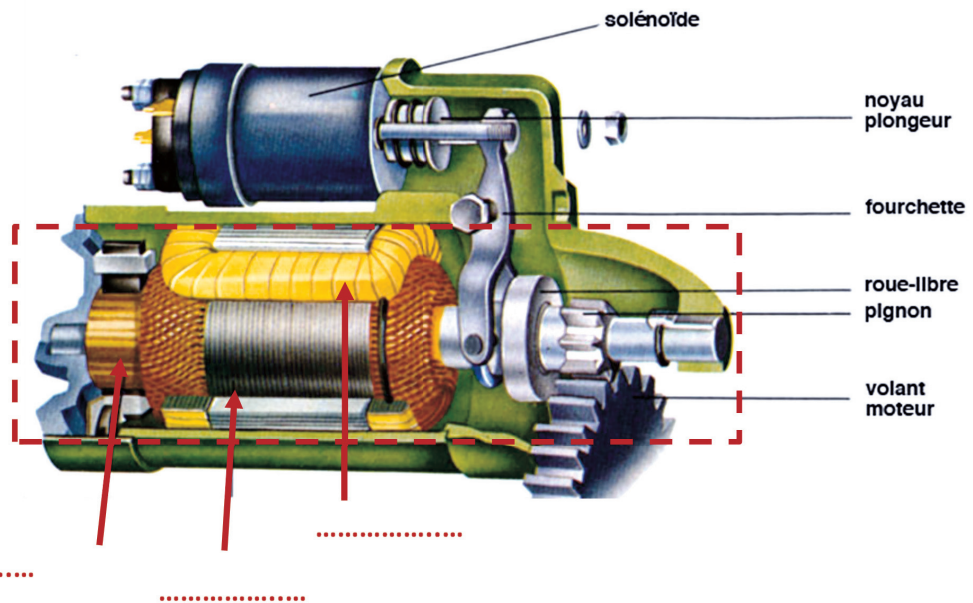


Figure 3

ACTIVITÉ 2 : Bilan énergétique

I- Banc d'essais des moteurs électriques

Le banc d'essais (figure 4) est constitué de :

- Deux machines à courant continu couplées. Ces deux machines sont identiques l'une est utilisée comme moteur et l'autre est utilisée comme générateur ;
- Un rhéostat de courant nominal supérieur au courant nominal du générateur.



Figure 4



Aide à l'activité 2

Modèle du banc d'essais :

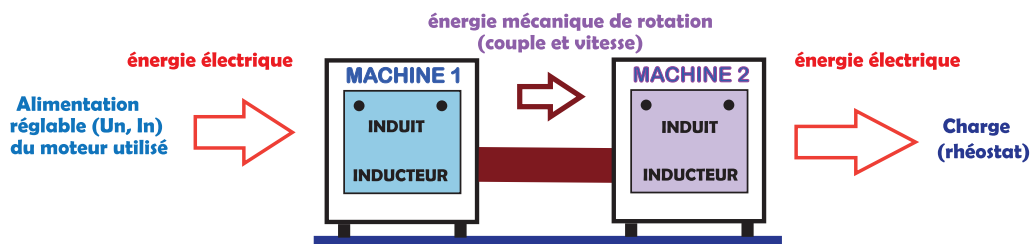
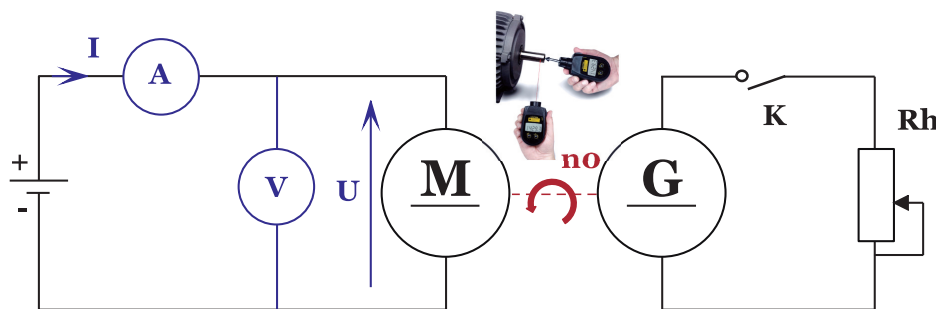


Figure 5

La machine 1 : fonctionne en moteur à courant continu.

La machine 2 : fonctionne en générateur à courant continu et alimente une charge résistive.

II- Caractéristiques nominales du moteur à courant continu



Aide bilan de puissances

Figure 6

1. A partir de la plaque signalétique, relever les caractéristiques nominales du moteur :

| U_n | I_n | n |
|-------|-------|-------|
| | | |

2. Quel est le type du moteur ?



.....

3. Quelle est alors la valeur de la puissance absorbée par l'inducteur P_{ai} :



.....

III- Essai à vide

L'interrupteur k étant ouvert

1. Câbler le montage de la figure 6 :

- Alimenter le moteur par une tension constante U_n en utilisant une alimentation stabilisée (U_n, I_n).
- Utiliser un voltmètre pour mesurer la tension aux bornes de l'induit, un ampèremètre pour mesurer l'intensité du courant et un tachymètre optique à affichage numérique pour mesurer la vitesse du moteur.

2. Relever le courant de l'induit I_0 et la vitesse du moteur n_0 .

| U_n | I_0 | n_0 | T_{u0} |
|-------|-------|-------|----------|
| | | | |

3. Mesurer, à chaud, la résistance **R** aux bornes de l'induit en utilisant un ohmmètre.



4. Calculer :

4.1. La puissance absorbée à vide **P_{a0}**.



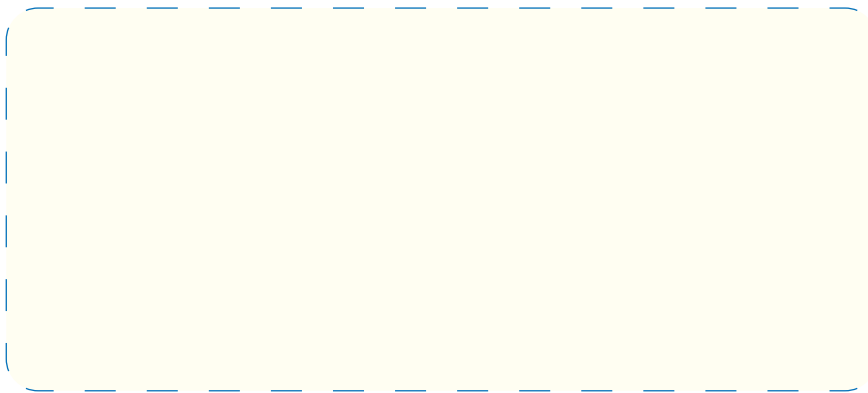
4.2. Les pertes par effet Joule induit à vide **p_{ji0}**.



4.3. Les pertes constantes **p_c**.



4.4. Représenter le schéma équivalent de l'induit.



IV- Bilan de puissances

1. A partir des caractéristiques nominales du moteur et des valeurs trouvées ci-dessus, déterminer :

1.1. La puissance absorbée par le moteur **P_a**.



1.2. Les pertes par effet Joule induit **p_{jl}**.



1.3. La puissance électromagnétique **P_{em}**.



1.4. Le moment du couple électromagnétique **T_{em}**.



1.5. Le moment du couple de pertes **T_p**.



1.6. Le moment du couple utile **T_u**.



1.7. La puissance utile **P_u**.



2. Reporter les valeurs nominales trouvées sur le bilan de puissances suivant :

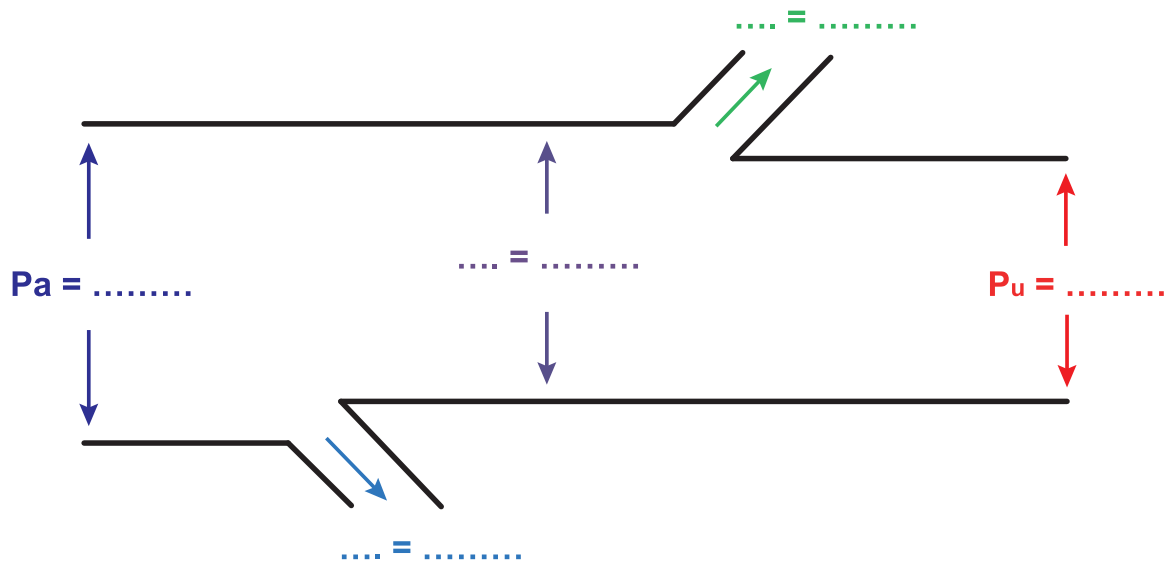


Figure 7

V- essai en charge

Fermer l'interrupteur k

NB : pour l'essai en charge utiliser une charge réglable (un rhéostat).

1. Faire varier la charge en agissant sur le curseur du rhéostat. Pour chaque valeur du courant de l'induit **I** (voir tableau), relever la valeur de la vitesse du moteur.

| I (A) | $I_n/4 = \dots\dots\dots$ | $I_n/2 = \dots\dots\dots$ | $3I_n/4 = \dots\dots\dots$ | $I_n = \dots\dots\dots$ |
|------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|
| n (tr/min) | $\dots\dots\dots$ | $\dots\dots\dots$ | $\dots\dots\dots$ | $\dots\dots\dots$ |
| Tu (Nm) | $\dots\dots\dots$ | $\dots\dots\dots$ | $\dots\dots\dots$ | $\dots\dots\dots$ |

2. Détermination du moment du couple utile **Tu** pour $I = I_n/4$ en suivant la démarche suivante :

2.1. Calculer la puissance absorbée **Pa**.

$\dots\dots\dots$

2.2. Calculer les pertes par effet Joule induit **PjI**.

$\dots\dots\dots$

2.3. Calculer la puissance électromagnétique **Pem**.

$\dots\dots\dots$

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

2.4. Calculer le moment du couple électromagnétique T_{em} .



2.5. Déduire le moment du couple utile T_u .



2.6. Placer la valeur de T_u ainsi trouvée dans le tableau précédent.

3. Refaire le même travail pour les autres valeurs de I .

4. Caractéristique de vitesse $n = f(I)$ à $U = C^{te}$

4.1. A partir du tableau précédent, tracer la caractéristique de vitesse $n = f(I)$.



Figure 8

4.2. Conclure et interpréter les résultats obtenus. 



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

5. Caractéristique du couple $T_u = f(I)$ à $U = C^{te}$

5.1. A partir du tableau précédent, tracer la caractéristique électromécanique $T_u = f(I)$.

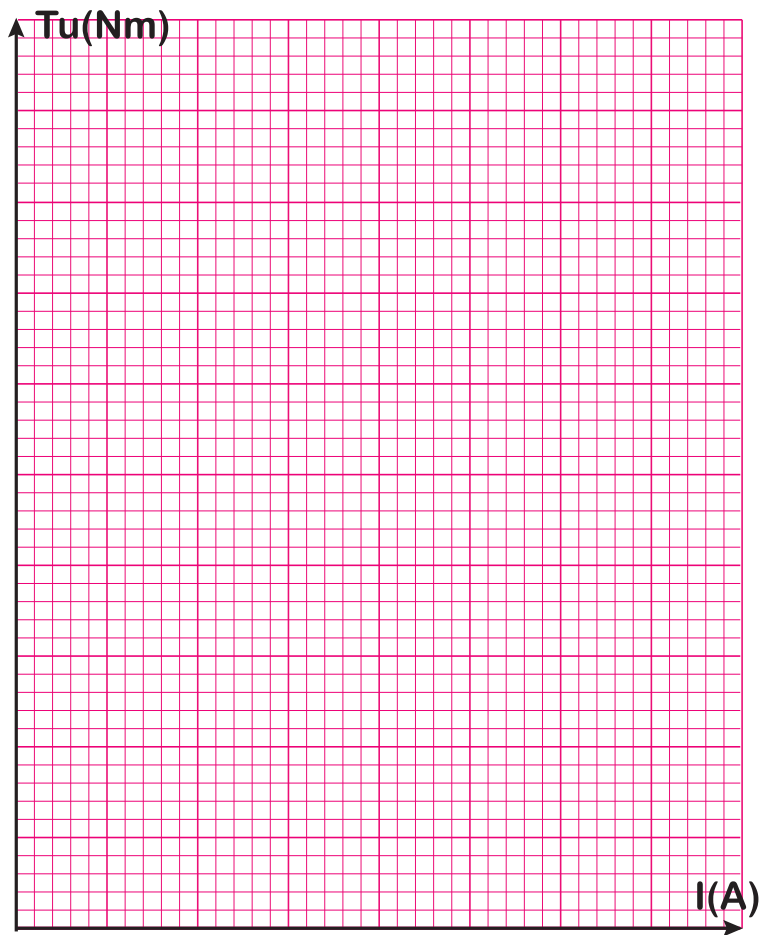


Figure 9

5.2. Conclure et interpréter les résultats obtenus.



[Dotted lines for writing]

5.3. Dédure le tracé de la caractéristique $T_{em} = f(I)$.

6. Caractéristique mécanique $T_u = f(n)$ à $U = C^{te}$

6.1. A partir du tableau précédent, tracer la caractéristique mécanique $T_u = f(n)$.

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

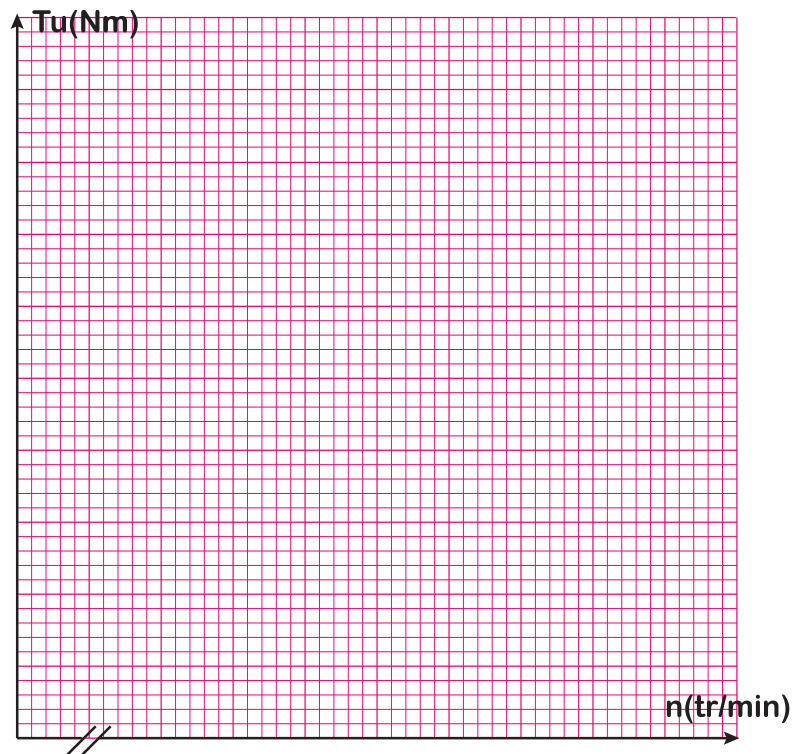


Figure 10

6.2. Conclure et interpréter les résultats obtenus. 



.....

.....

.....

.....

.....

ACTIVITÉ 3 : Bilan énergétique

Banc d'essai des machines LEROY SOMER



Aide à l'activité 3

I- Banc d'essais des moteurs électriques

L'étude portera sur le banc représenté par la figure 11.

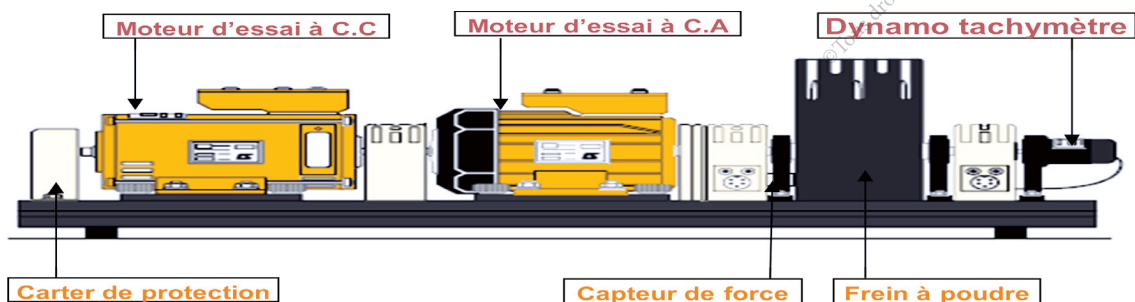


Figure 11

II- Essai à vide

1. Réaliser le montage de la figure 12 et faire tourner le moteur sans aucune charge. Le potentiomètre qui contrôle le couple résistant (charge mécanique) exercé par le frein à poudre doit être à zéro (moteur à vide).

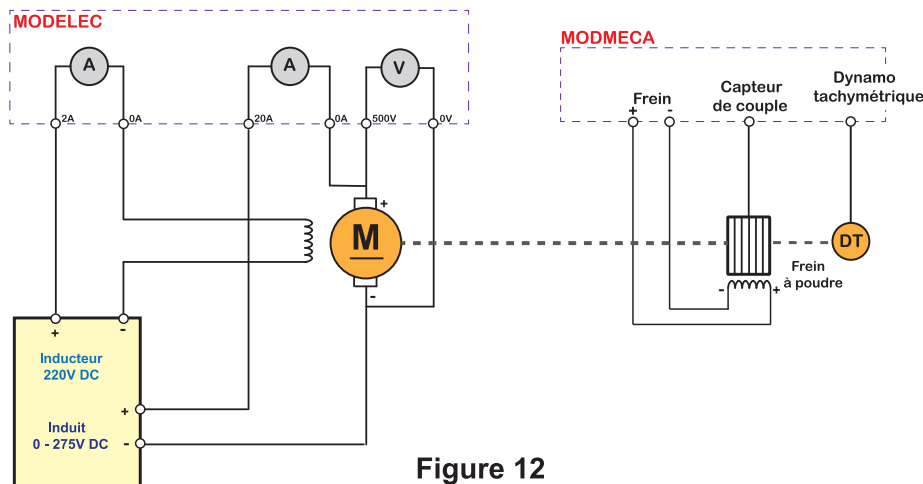


Figure 12



Aide bilan de puissances

2. Mesurer puis remplir le tableau suivant :

| Induit | | | Inducteur | |
|--------|-----------|----------------|-----------|-------|
| U(V) | I_0 (A) | n_0 (tr/min) | u(V) | i(A) |
| | | | | |

3. A l'aide d'un ohmmètre, mesurer à chaud la résistance **R** de l'enroulement induit et celle de l'enroulement inducteur **r**.

$R = \dots\dots\dots$, $r = \dots\dots\dots$

4. Calculer :

4.1 Les pertes par effet Joule induit et les pertes par effet Joule inducteur.

.....

4.2 La puissance totale absorbée à vide par le moteur.

.....

4.3 La f.c.é.m. « E'_0 » et en déduire le coefficient de proportionnalité « K » entre E'_0 et la vitesse de rotation n_0 (en tr/s).

.....

4.4. Représenter le schéma équivalent du moteur.



III- Essai en charge

1. Compléter le tableau des valeurs en agissant sur le potentiomètre de contrôle du couple résistant (charge mécanique) exercé par le frein à poudre pour faire varier la charge. On maintient la tension appliquée à l'induit constante.

| I(A) | U(V) | n(tr/min) | Tu(Nm) |
|-------------------------|-------|-----------|--------|
| $I_0 = \dots\dots\dots$ | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| $I_n = \dots\dots\dots$ | | | |

2. Caractéristique de vitesse $n = f(I)$ à $U = C^{te}$ et $i = C^{te}$

2.1. Tracer sur la figure 13, la caractéristique de la vitesse de rotation n (tr/min) en fonction du courant absorbé par l'induit.

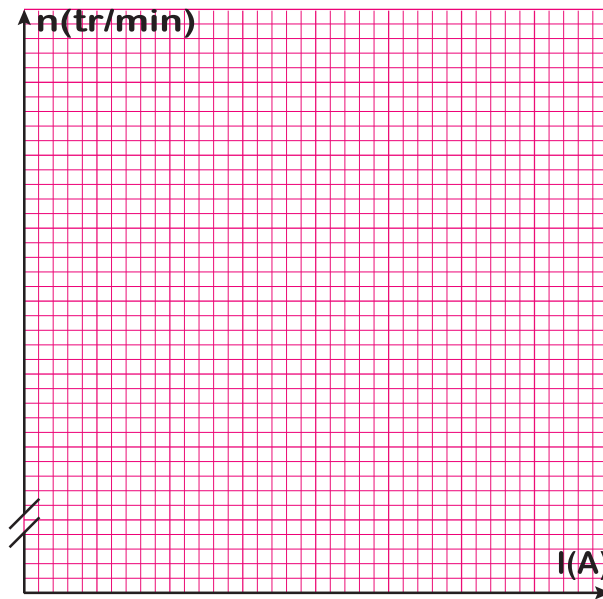


Figure 13

2.2. Conclure et interpréter les résultats obtenus. 



3. Caractéristique de couple $T_u = f(I)$ à $U = C^{te}$ et $i = C^{te}$

3.1. Tracer sur la figure 14, la caractéristique du couple T_u (Nm) en fonction du courant absorbé par l'induit.

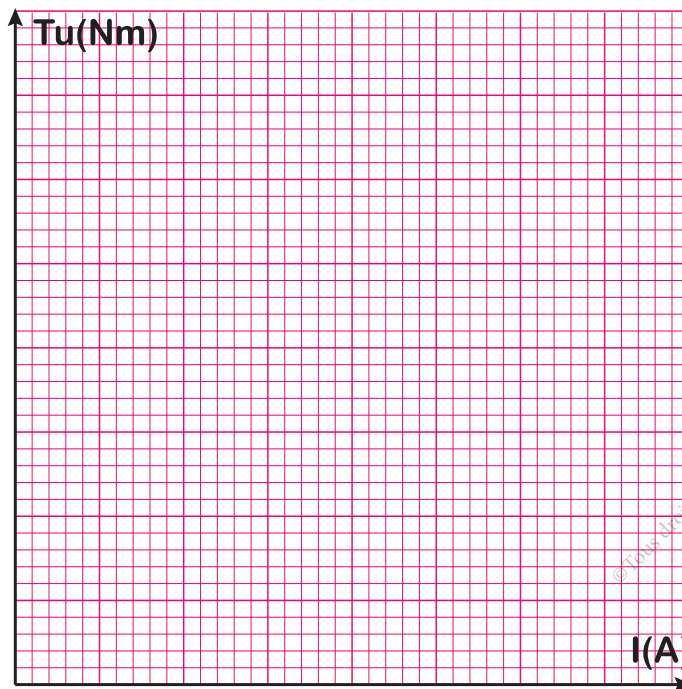


Figure 14

3.2. Conclure et interpréter les résultats obtenus. 



3.3. Dédurre le tracé de la caractéristique $T_{em} = f(I)$.

4. Caractéristique mécanique $T_u = f(n)$ à $U = C^{te}$ et $i = C^{te}$

4.1. Tracer sur la figure 15, la caractéristique du couple T_u (Nm) en fonction de la vitesse de rotation du moteur.

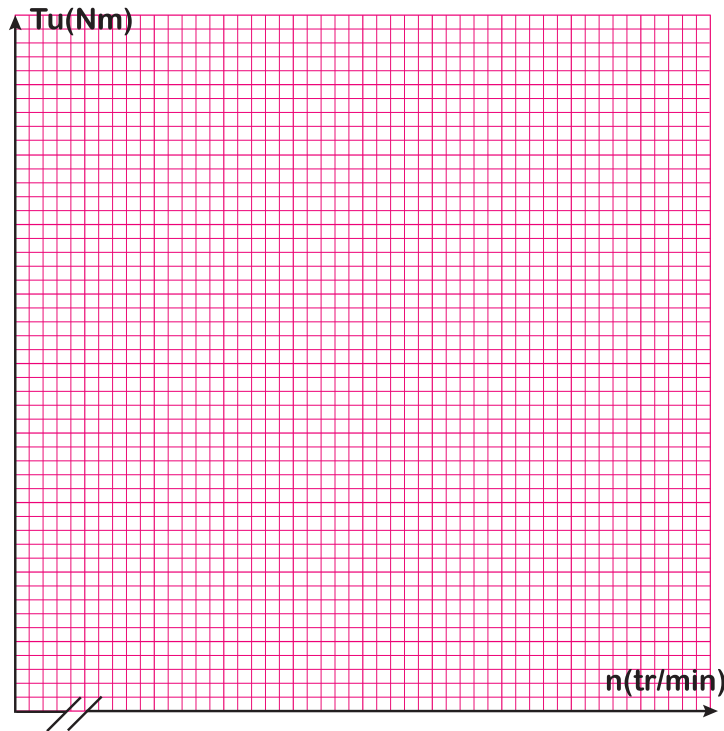


Figure 15

4.2. Conclure et interpréter les résultats obtenus.



ACTIVITÉ 4 : Bilan énergétique

Logiciel de simulation (MCC.exe)

I- Schéma de simulation

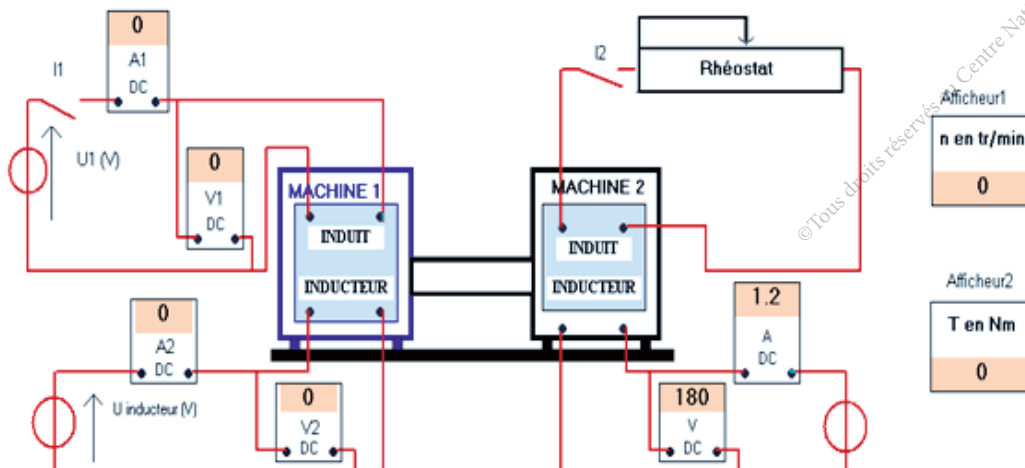


Figure 16

II- Détermination de la résistance de l'induit

1. Lancer le logiciel en cliquant sur l'icône MCC placée sur le bureau puis OK.
2. Mesure de la résistance R de l'induit de la machine 1 (moteur à CC) à rotor bloqué:

- Alimenter l'induit par une tension de 9 V ;
- Cocher l'icône rotor bloqué placée sous l'arbre du moteur ;
- Fermer l'interrupteur induit;
- Relever les indications des appareils de mesure V1 et A1.

$U = \dots\dots\dots$, $I = \dots\dots\dots$

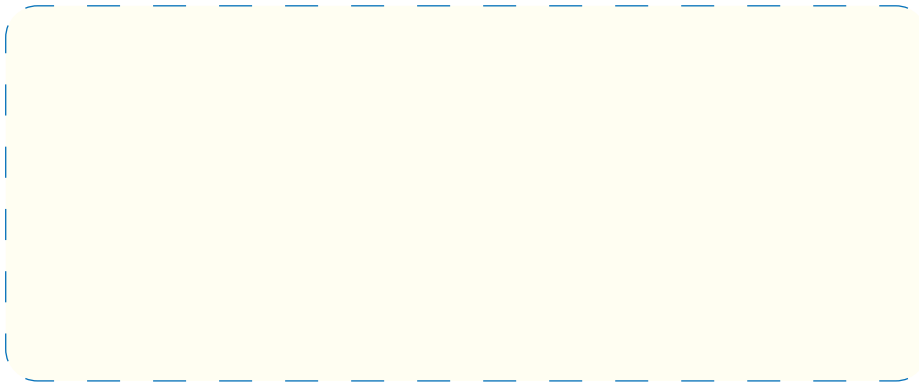
- Déduire la valeur de la résistance R de l'induit de la machine 1.



Aide bilan de puissances

- Donner le nom de la méthode utilisée.

3. Représenter le schéma équivalent de l'induit à rotor bloqué ($n = 0$).



III- Essai en charge

1. Démarrer la Machine 1 (moteur) en suivant le mode opératoire suivant :

- Cliquer sur la case rotor bloqué pour débloquer le rotor de la machine 1.

- Dans la case Valid taper 180 V puis valider.

- Dans la case Valid taper 30 V puis valider.

- Fermer l'interrupteur Induit .

- Dans la case Valid taper 220 V puis valider.

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

2. Régler la machine 2 (génératrice) en suivant le mode opératoire suivant :

- Choisir le rhéostat 100 Ohms
- Relever la valeur de la vitesse n et du couple utile T_u pour $I = I_0$ puis fermer l'interrupteur de l'induit 2.

3. Pour différentes positions du curseur du rhéostat, compléter le tableau de mesure suivant.


| I (A) | $I_0 = \dots\dots$ | $I_{n/4} = \dots\dots$ | $I_{n/2} = \dots\dots$ | $3I_{n/4} = \dots\dots$ | $I_n = \dots\dots$ |
|--------------|--------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|
| n (tr/min) | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| T_u (Nm) | 0 | ..... | ..... | ..... | ..... |

4. Caractéristique de vitesse $n = f(I)$ à $U = C^{te}$ et $i = C^{te}$

4.1. Tracer la caractéristique de vitesse $n=f(I)$.



Figure 17

4.2. Conclure sur les variations de la vitesse n du moteur en fonction du courant I absorbé par son induit. 

.....

5. Caractéristique de couple $T_u = f(I)$ à $U = C^{te}$ et $i = C^{te}$

5.1. Tracer la caractéristique de couple $T_u = f(I)$.

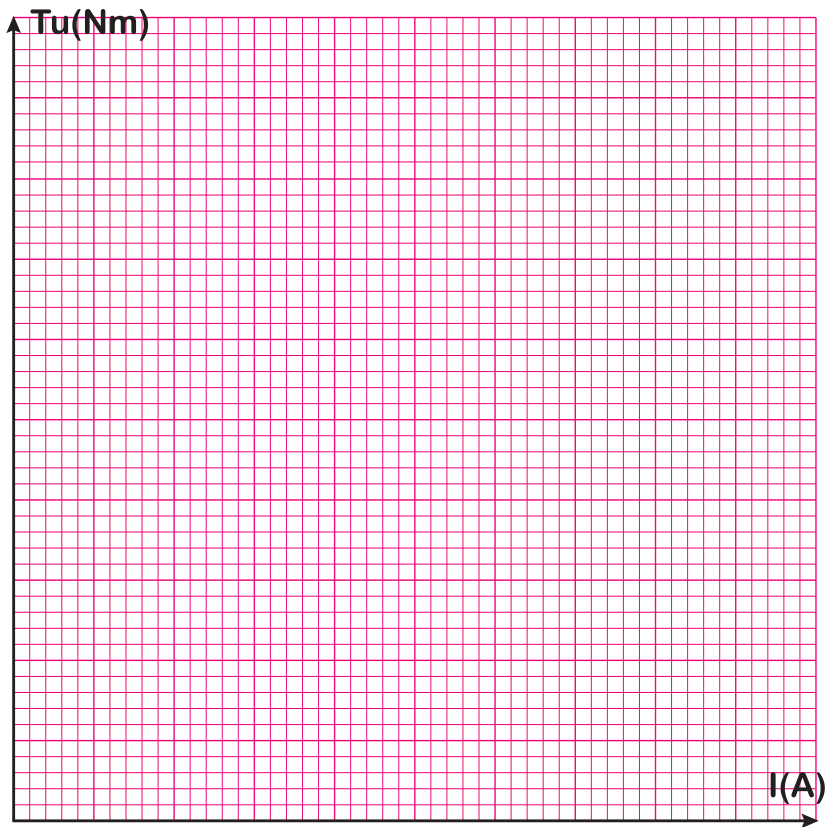


Figure 18

5.2. Conclure sur les variations du couple utile T_u du moteur en fonction du courant I absorbé par son induit.

.....

.....

.....

.....

5.3. Dédire le tracé de la caractéristique du couple électromagnétique $T_{em}(I)$ sur la figure 18.

5.4. Pour $I = 3I_n / 4$, déduire graphiquement les valeurs de T_{em} , T_u et T_p .

$T_{em} = \dots\dots\dots$;

$T_u = \dots\dots\dots$;

$T_p = \dots\dots\dots$.

6. Caractéristique mécanique $T_u = f(n)$ à $U = C^{te}$ et $i = C^{te}$

6.1. Tracer la caractéristique mécanique $T_u = f(n)$.

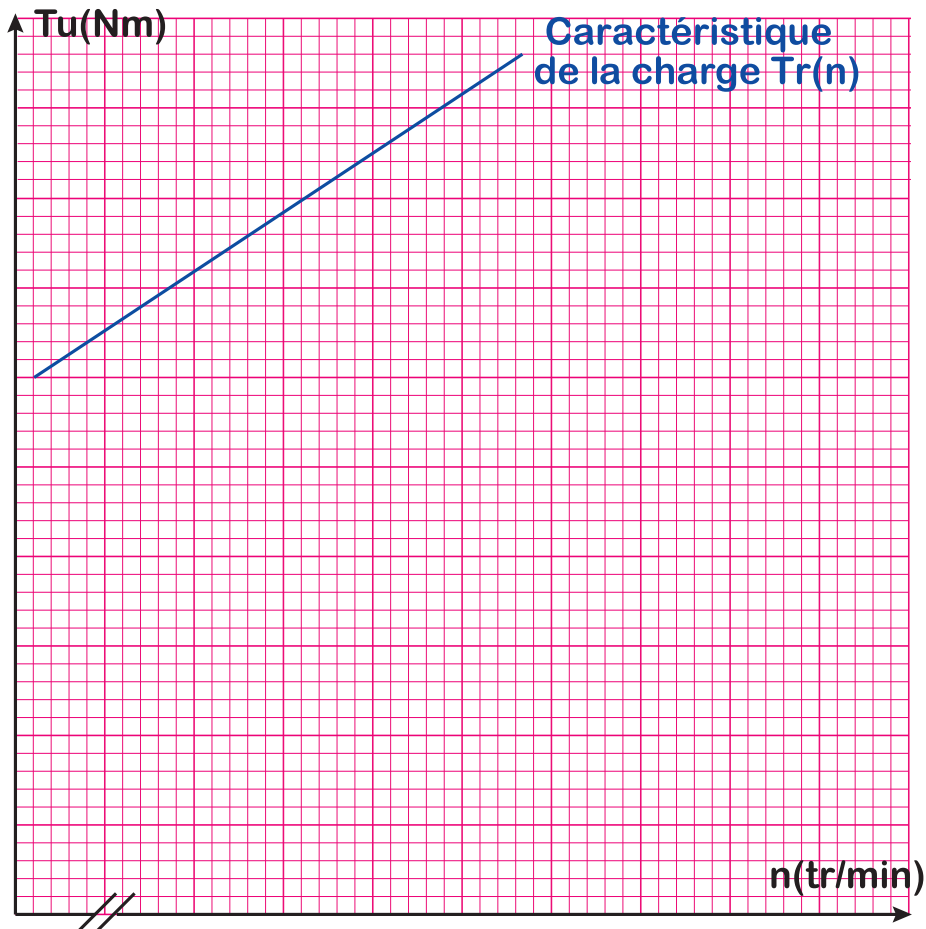


Figure 19

6.2. Déterminer les coordonnées du point de fonctionnement et la puissance utile du moteur.

$T_u = \dots\dots\dots$ $n = \dots\dots\dots$

$P_u = \dots\dots\dots$

Pour ce point de fonctionnement, relever à partir de la courbe $T_u(I)$, la valeur de l'intensité du courant induit I .

$I = \dots\dots\dots$

6.3. Calculer la puissance absorbée par le moteur.

$P_a = \dots\dots\dots$

6.4. Calculer le rendement du moteur en %.

$\eta = \dots\dots\dots$

ACTIVITÉ 5 : Banc d'essais des moteurs électriques

Banc d'essai BOYUAN811



Aide à l'activité 5

L'étude porte sur le banc représenté ci-dessous (figure 20).

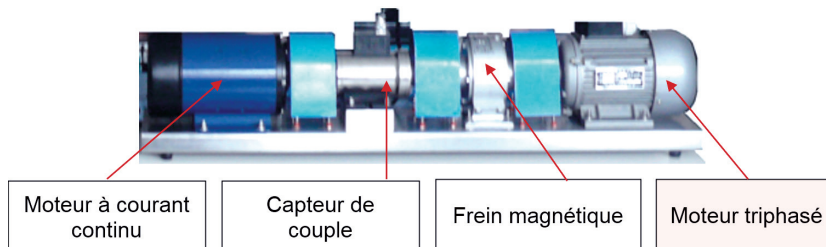


Figure 20

I - Essai à vide

1. ▶ Enclencher le disjoncteur général (DZ47).
 - ▶ Enclencher le bouton marche/arrêt d'urgence (SB)
 - ▶ Cliquer sur le bouton sensitif intitulé (Moteur à courant continu), son passage au couleur rougeâtre indique que le moteur est sous tension.
 - ▶ Dans la fenêtre de l'écran tactile, actionner les touches sensibles (+ et /ou -) relatives au courant d'excitation.
 - ▶ Lire la vitesse dans la case située en bas à droite.
 - ▶ Passer à la fenêtre des grandeurs par action sur la touche (détail) et relever les valeurs à vide.
2. Mesurer puis compléter le tableau suivant :

| Induit | | | Inducteur | |
|--------|-----------|----------------|-----------|-------|
| U(V) | I_0 (A) | n_0 (tr/min) | u(V) | i(A) |
| | | | | |

3. Mesurer à chaud les résistances R de l'enroulement induit et celle de l'enroulement inducteur r par la méthode directe.

$R = \dots\dots\dots$, $r = \dots\dots\dots$

4. Calculer :

4.1. Les pertes par effet Joule dans l'induit.



.....

4.2. Les pertes par effet Joule dans l'inducteur.



.....

4.3. La puissance absorbée à vide par l'induit.



.....

4.4. La puissance absorbée à vide par l'inducteur.



.....

4.5. La puissance totale absorbée à vide par le moteur.



.....

4.6. La f.c.é.m à vide « E'_0 ».



.....

4.7. Les pertes constantes.

.....

4.8. Comparer la puissance absorbée à vide par l'induit avec les pertes constantes.



.....

5. Que peut-on conclure? 



.....

II - Essai en charge

1. ▶ Enclencher le disjoncteur général (DZ47).

▶ Enclencher le bouton marche/arrêt d'urgence (SB).

▶ Cliquer sur le bouton sensitif intitulé (Moteur à courant continu), son passage au couleur rougeâtre indique que le moteur est sous tension.

▶ Dans la fenêtre de l'écran tactile, actionner les touches sensibles (+ et /ou -) relatives au courant d'excitation.

▶ Lire la vitesse dans la case située en bas à droite.

▶ Pour charger le moteur, il suffit de mettre en service le frein par action sur le bouton sensitif correspondant et faire varier la charge en agissant sur les boutons (+ et -) relatifs au courant frein.

2. Prendre quelques mesures et compléter le tableau ci-après.

| | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| frein | ..... | ..... | ..... | ..... |
| I (A) | ..... | ..... | ..... | ..... |
| n (tr/min) | ..... | ..... | ..... | ..... |
| Tu (Nm) | ..... | ..... | ..... | ..... |

3. Caractéristique de couple

C'est la courbe représentative du couple T_u en fonction du courant absorbé I par le moteur pour différentes charges.

3.1. A partir du tableau de valeurs précédent, représenter la caractéristique $T_u = f(I)$ à $U=C^{te}$ et $i=C^{te}$.

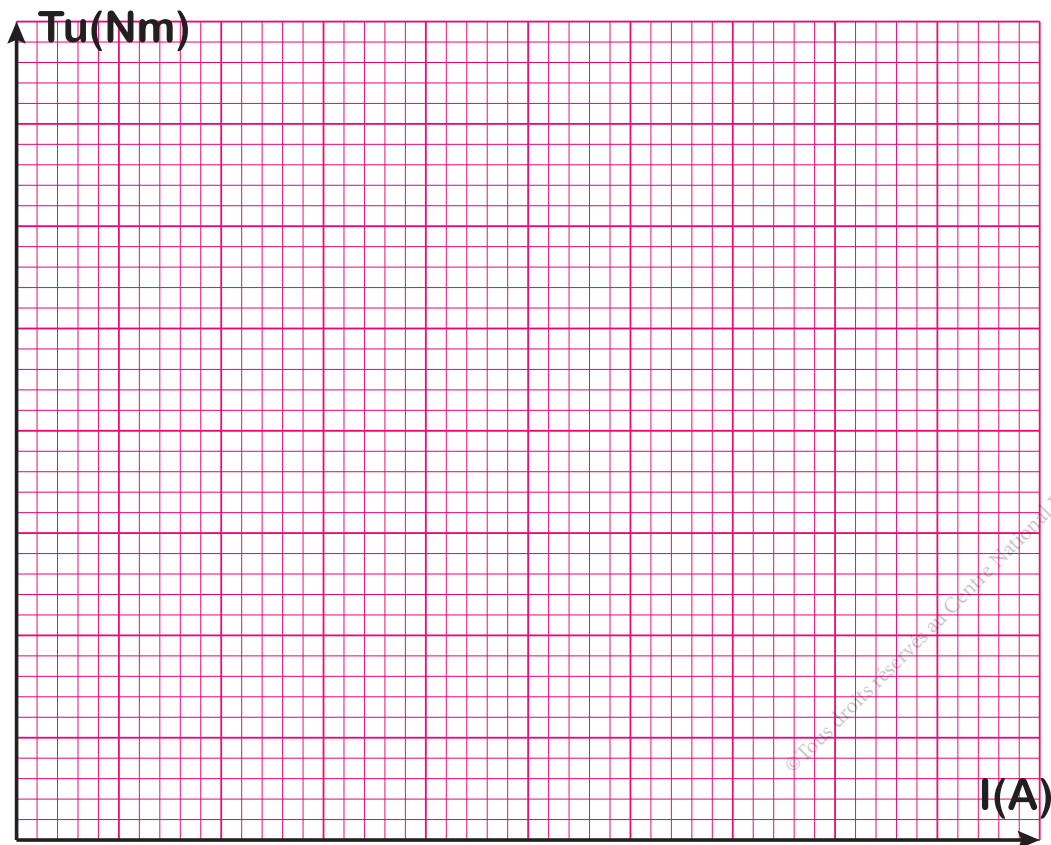


Figure 21

3.2. Commenter et interpréter les résultats obtenus. 



.....

.....

4. Caractéristique de vitesse

C'est la courbe représentative de la vitesse n en fonction du courant absorbé I par le moteur pour différentes charges.

4.1. En se référant au tableau de valeurs, établi précédemment, tracer la caractéristique $n = f(I)$ à $U = C^{te}$ et $i = C^{te}$.

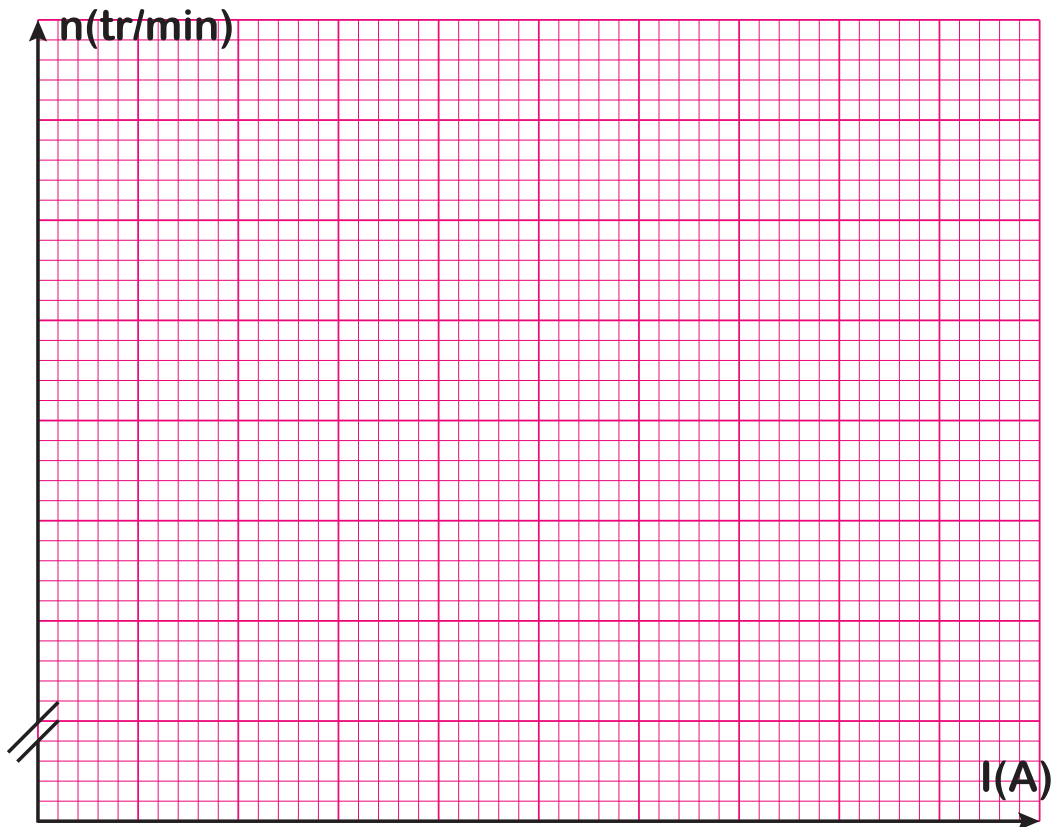


Figure 22

4.2. Commenter et interpréter les résultats obtenus :



.....

.....

.....

.....

.....

5. Caractéristique mécanique

C'est la courbe représentative du couple utile T_u en fonction de la vitesse n

5.1. En se référant au tableau de valeurs, établi précédemment, tracer la caractéristique $T_u = f(n)$ à $U = C^{te}$ et $i = C^{te}$.

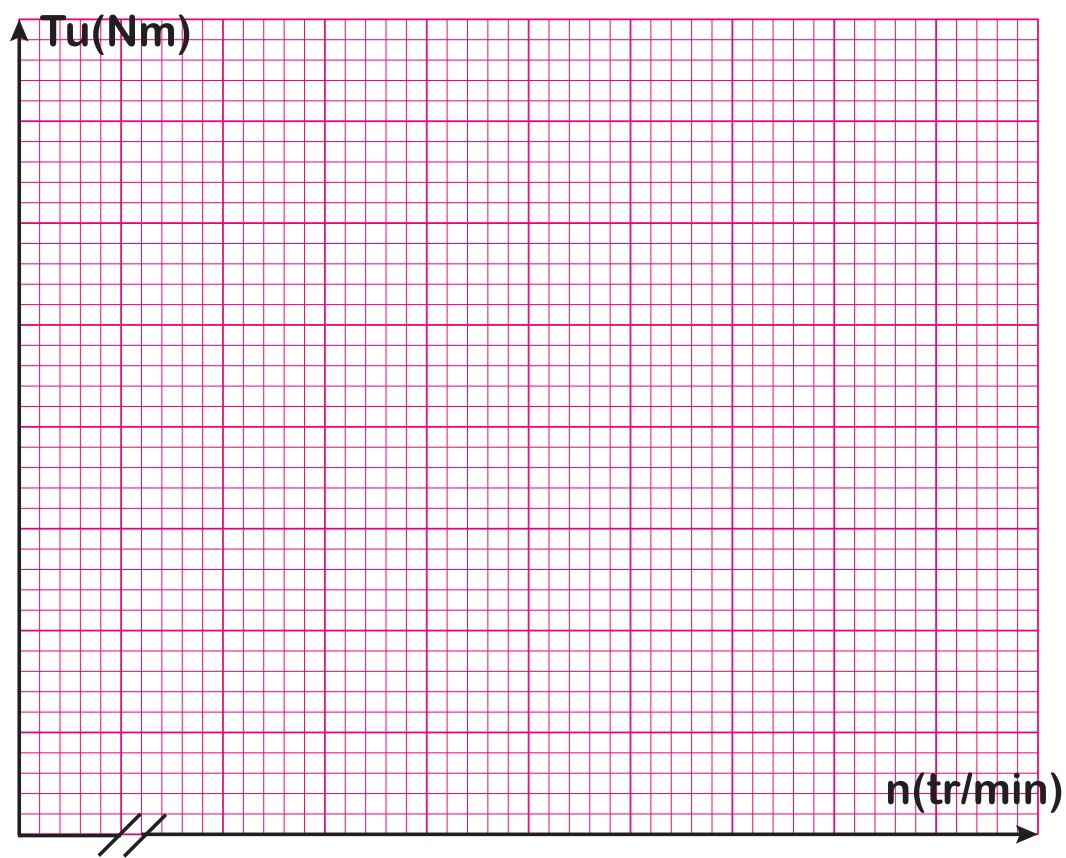


Figure 23

5.2. Commenter et interpréter les résultats obtenus.

.....

.....

.....

.....

ACTIVITÉ 6 : Simulation d'un hacheur série

Schéma de principe du hacheur série :

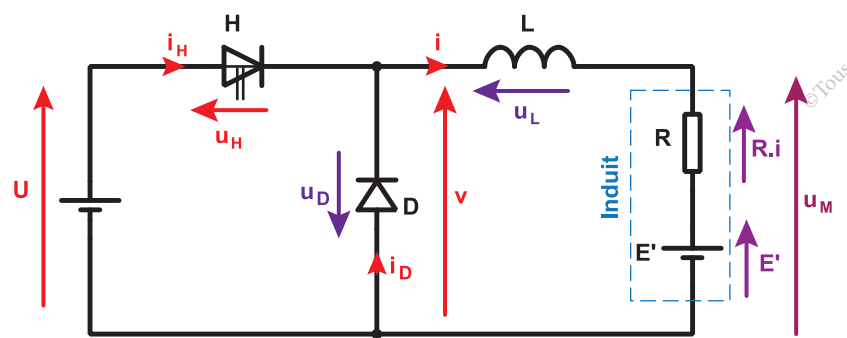


Figure 24



Aide à l'activité 6

I- Identification des constituants du hacheur série

Identifier les composants électroniques qui constituent le hacheur série représenté par la figure 24.



II- Etude d'un hacheur série alimentant un moteur à courant continu

Sur le logiciel de simulation changer la charge en appuyant sur le bouton "Changer la charge".

Le hacheur alimente un moteur à courant continu sous une tension nominale $U = 36\text{V}$ et avec une vitesse de rotation nominale $n = 484\text{ tr/min}$.

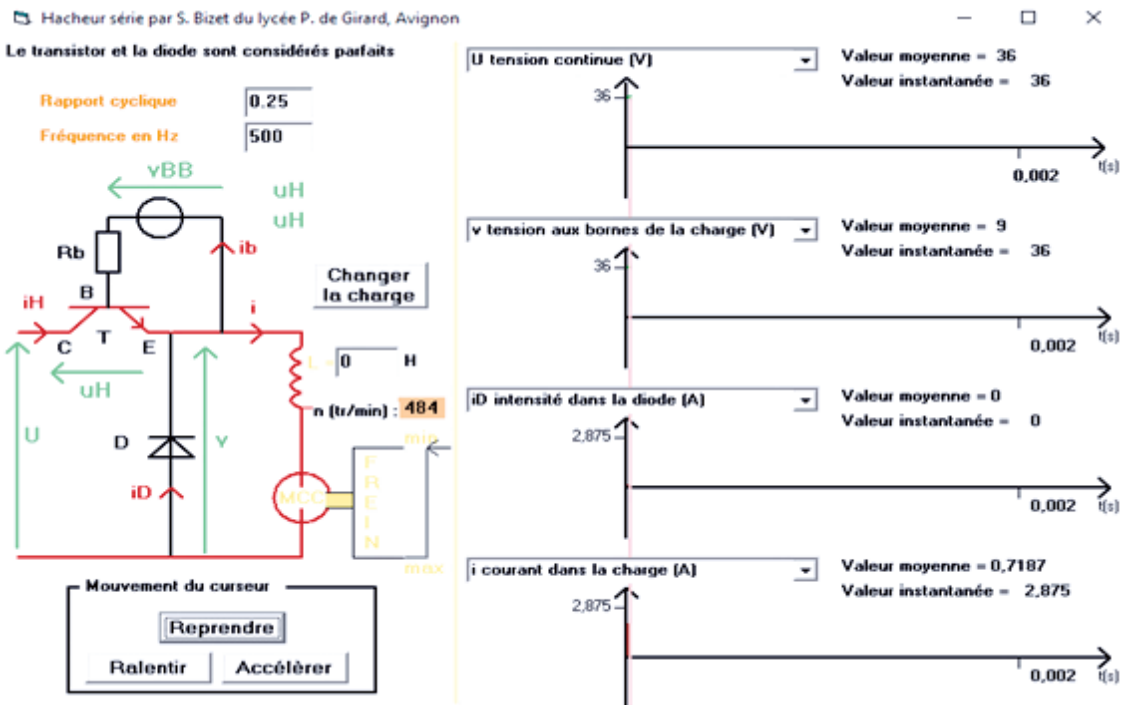


Figure 25

1. A partir du logiciel de simulation, régler la fréquence $f = 500\text{Hz}$ et le rapport cyclique $\alpha = 0,25$.

2. Pour différentes valeurs de l'inductance L (0 ; $0,1\text{H}$; $0,5\text{H}$ et 1H), observer sur une période T , l'allure de l'intensité du courant i aux bornes de la charge.

Conclure sur le rôle de la bobine d'inductance L en complétant les phrases suivantes :
La bobine d'inductance L permet deles fluctuations (les ondulations) du courant dans On dit qu'elle lisse le courant. D'où le nom de bobine de

- Si l'inductance L diminue, les ondulations du courant dans l'induit
- Si l'inductance L augmente, les ondulations du courant dans l'induit

3. Régler le rapport cyclique $\alpha = 0,25$.

3.1. Lancer la simulation, visualiser :

- * la tension aux bornes d'alimentation $u(t)$;
- * la tension aux bornes de la charge $v(t)$;
- * la tension aux bornes du commutateur électronique $u_H(t)$;
- * le courant dans la charge $i(t)$;
- * le courant traversant l'interrupteur H $i_H(t)$;
- * le courant traversant la diode D $i_D(t)$.

3.2. Tracer l'oscillogramme de la tension aux bornes de l'interrupteur H et aux bornes de la charge.

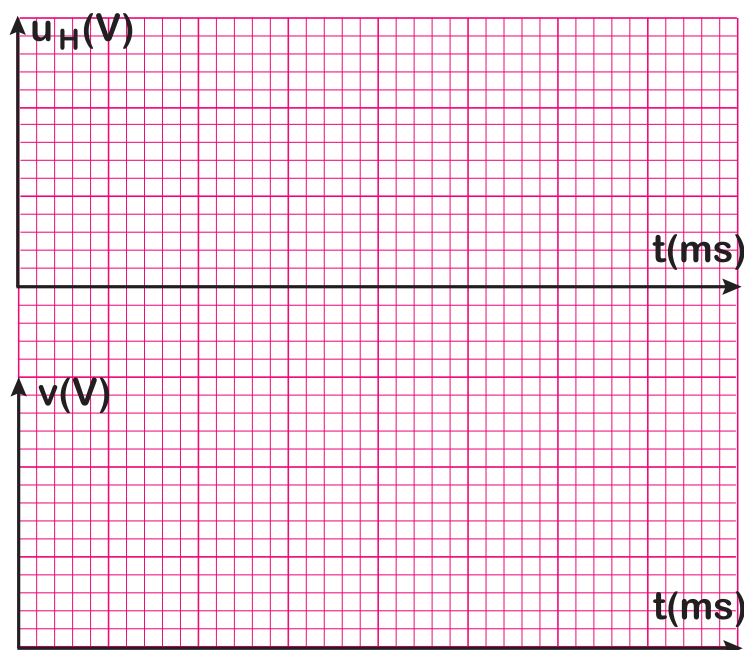


Figure 26

4. Pour différentes valeurs du rapport cyclique α :

4.1. Compléter le tableau ci-dessous en relevant la valeur de la tension moyenne $\langle v \rangle$ aux bornes du moteur.

| Rapport cyclique α | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Tension moyenne $\langle v \rangle$ | | | | |

4.2. Vérifier que la tension moyenne aux bornes du moteur est régie par la relation : $\langle v \rangle = \alpha \cdot U$



5. Analyser le fonctionnement du hacheur et compléter le schéma équivalent du montage dans chaque intervalle de temps.

❖ $0 \leq t < T$

L'interrupteur H est et la diode est Il y a transfert de l'énergie vers le moteur.

$$u_H = \dots \quad v = \dots \quad i_H = \dots \quad i_D = \dots$$

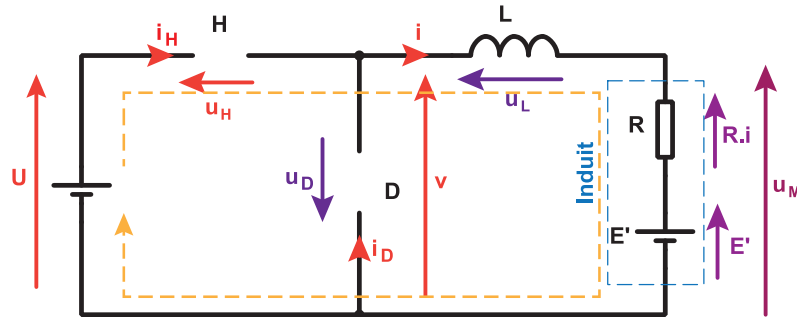


Figure 27

❖ $\alpha T \leq t < T$

L'interrupteur H est et la diode est

$$u_H = \dots \quad v = \dots \quad i_H = \dots \quad i_D = \dots$$

Il n'y a pas d'échange d'énergie : C'est la phase de « **roue libre** » et la diode D est appelée Elle permet de l'interrupteur H lors de sa commutation.

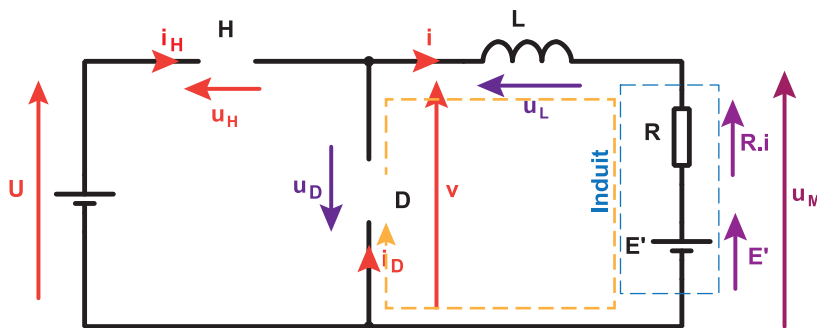


Figure 28

6. Par pair, récapituler les nouveaux savoirs



- Un hacheur série est un convertisseur continu-continu. Il est constitué principalement par un électronique fonctionnant en commutation. Il délivre à sa sortie une unidirectionnelle de valeur moyenne d'expression $\langle v \rangle = V_{\text{moy}} = \dots$. Avec : U étant la tension du hacheur série (continue constante), α étant le ($0 \leq \alpha \leq 1$).
- Si le rapport cyclique α varie alors V_{moy} varie et la vitesse du moteur à courant continu

ACTIVITÉ 7 : Variateur de vitesse d'un moteur à courant continu d'entraînement des essuie-glaces d'une voiture

I- Présentation

On désire concevoir une carte électronique permettant de faire varier la vitesse du moteur d'entraînement des essuie-glaces d'une voiture.

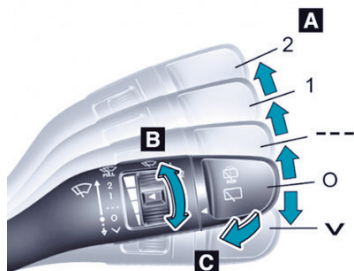


Figure 29

II- Solution câblée

1. Schéma du montage

On donne, à la figure 30, le schéma de simulation du variateur de vitesse :

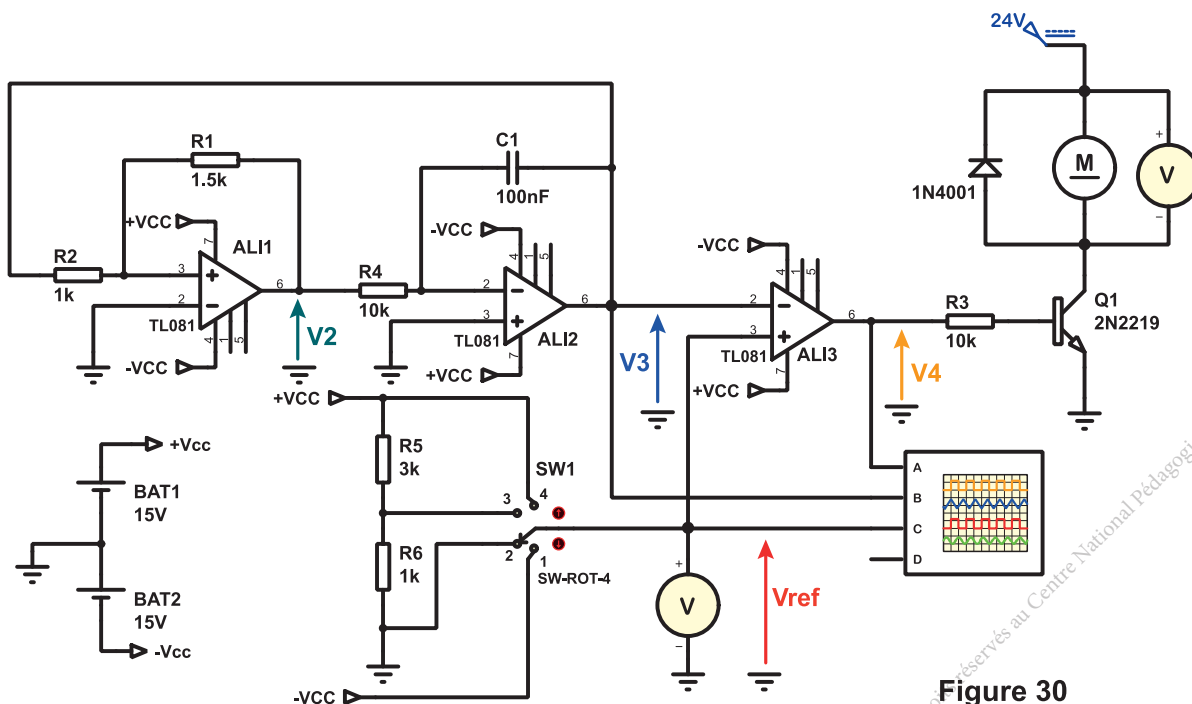


Figure 30

V_{ref} est une tension continue variable issue d'un commutateur à quatre positions

2. Travail demandé :

2.1. Compléter le tableau ci-dessous par ce qui convient

| | A.L.I.1 | A.L.I.2 | A.L.I.3 |
|--------------------------|---------|---------|---------|
| Type de polarisation | | | |
| Régime de fonctionnement | | | |
| Nom du montage | | X | ..... |

2.2. A l'aide d'un oscilloscope, visualiser les signaux $v_3(t)$, $V_{ref}(t)$ et $v_4(t)$ pour différentes positions du commutateur SW1. Que remarque-t-on?



2.3. Quel est le type du transistor Q1?

2.4. Compléter le tableau suivant :

| V4 | Transistor Q1 (saturé / bloqué) | Moteur M (alimenté / non alimenté) |
|------|------------------------------------|---------------------------------------|
| +15V | | |
| -15V | | |

2.5. Pour différentes positions du commutateur SW1, compléter le tableau ci-dessous:

* En déterminant graphiquement le rapport cyclique α ;

* en calculant la tension moyenne $\langle v \rangle$ aux bornes du moteur selon la relation

$$\langle v \rangle = 24 \cdot \alpha.$$

| Position de SW1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| α | | | | |
| $\langle v \rangle$ (V) | | | | |



Aide à l'activité 7

III- Solution programmée

La variation de vitesse des essuie-glaces est assurée par un montage à base du microcontrôleur de type PIC 16F876A (voir figure 31).

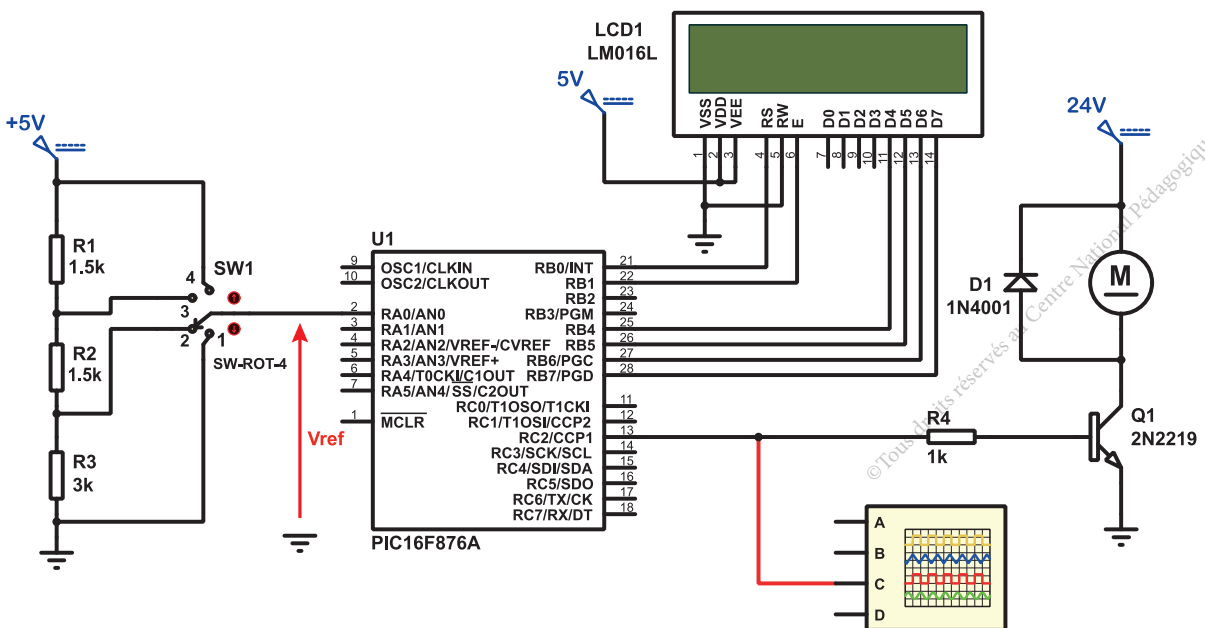


Figure 31

1. Algorithme

L'algorithme qui décrit la variation de vitesse des essuie-glaces est le suivant :

Déclaration des variables
 Connexion de l'afficheur LCD
 Fonction principale
 Configuration des registres
 Initialisation du convertisseur CAN
 Initialisation de l'afficheur LCD
 Initialisation du module PWM avec une fréquence 1000Hz

Boucle infinie
 Début boucle
 $N \leftarrow$ résultat de la conversion
 Calcul de la valeur de la tension de référence (V_{ref})
 Calcul de la vitesse du moteur d'entraînement des essuie-glaces (n)
 Calcul de la valeur du rapport cyclique (k)
 Affichage de la valeur de V_{ref}
 Affichage de la valeur de K
 Affichage de la valeur de la vitesse n
 Activer le module PWM
 Fin boucle
 Fin programme.

2. Analyse de fonctionnement

2.1. En se référant à la figure 31, compléter le tableau ci-dessous en précisant le canal du convertisseur et la sortie du module M.L.I utilisés.

| Canal du C.A.N | Sortie M.L.I |
|----------------|--------------|
| | |

2.2. Le commutateur SW1 fournit à sa sortie la tension « V_{ref} » comprise entre 0 et 5V.

a- Le convertisseur C.A.N du microcontrôleur convertit cette tension en un nombre « N » sur 10 bits (N varie de 0 à 1023). Exprimer N en fonction de V_{ref} .



b- La vitesse de rotation (n) du moteur d'entraînement des essuie-glaces varie entre 0 et 3000tr/min. Exprimer n en fonction du résultat de la conversion N .



c- La technique M.L.I. est utilisée pour faire varier la vitesse de rotation du moteur d'entraînement des essuie-glaces grâce à la variation du rapport cyclique k de 0 à 255. K étant le paramètre à faire passer dans la routine **PWM1_set_duty(k)**. Exprimer K en fonction du résultat de conversion N .



3. Programmation

En se référant aux équations de n et k établies précédemment et à l'algorithme ci-dessus, compléter le programme ci-après afin de faire varier la vitesse des essuie-glaces.

Programme:

```

// Déclaration des variables
unsigned int N,Vref,vitesse; unsigned char k;
char Vreftxt[2]; char vitessesxt[6]; char ktxt[4];
//Connexion de l'afficheur LCD
sbit LCD_RS at RB0_bit; sbit LCD_EN at RB1_bit;
sbit LCD_D4 at RB4_bit; sbit LCD_D5 at RB5_bit;
sbit LCD_D6 at RB6_bit; sbit LCD_D7 at RB7_bit;
sbit LCD_RS_Direction at TRISB0_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB6_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB7_bit;
// Fonction principale
void main() {
  ADCON1 = 0x.....; //Configurer le PortA en mode analogique
  TRISC = 0;
  .....(1000);
  .....;
  lcd_init();
  lcd_cmd(_lcd_cursor_off);
  lcd_cmd(_lcd_clear);
  while(1) {
    // N ← résultat de la conversion
    N = .....;
    // Calcul
    .....=N*5.0/1023.0;
    .....=N*3000.0/1023.0;
    .....=N*255.0/1023.0;
    // Affichage de la valeur de Vref
    wordToStr(Vref,Vreftxt); lcd_out(1,3,"Vref");lcd_out(2,1,Vreftxt);
    // Affichage de la valeur de k
    byteToStr(k,ktxt);lcd_out(1,10,"....."); lcd_out(2,8,.....);
    // Affichage de la valeur de la vitesse n
    wordToStr(vitesse,vitessext);lcd_out(1,16,"n"); lcd_out(2,12,Vitessext);
    // Activer le module PWM
    ....._start();   PWM1_set_duty(.....);
  }
}

```

4. Compilation et mise en œuvre

Compiler le programme et simuler son fonctionnement à l'aide d'un logiciel de simulation.



1 Constitution d'un moteur à courant continu

Le moteur à courant continu est un convertisseur d'énergie **électrique** en énergie **mécanique**. Il est constitué de deux parties principales :

- Une partie fixe appelée **inducteur** (ou stator). L'inducteur peut être à aimant permanent ou bobiné alimenté en courant continu. Il a pour rôle de créer un champ magnétique.
- Une partie mobile appelée **induit** (ou rotor). L'induit porte des conducteurs parcourus par un courant continu (alimentation du moteur).

2 Force contre électromotrice

$$E' = N \cdot \phi \cdot n$$

E' : f.c.e.m s'exprime en Volt (V)

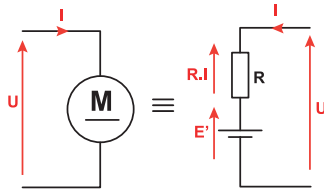
N : nombre de conducteurs actifs de l'induit.

n : fréquence (vitesse) de rotation s'exprime en (tr/s).

Φ : flux magnétique créée sous un pôle par l'inducteur s'exprime en (Wb)

N : Cte et $\phi = Cte$, Soit $N\phi = K = Cte$, $E' = K.n$

3 Schéma équivalent de l'induit



$$U = E' + R.I$$

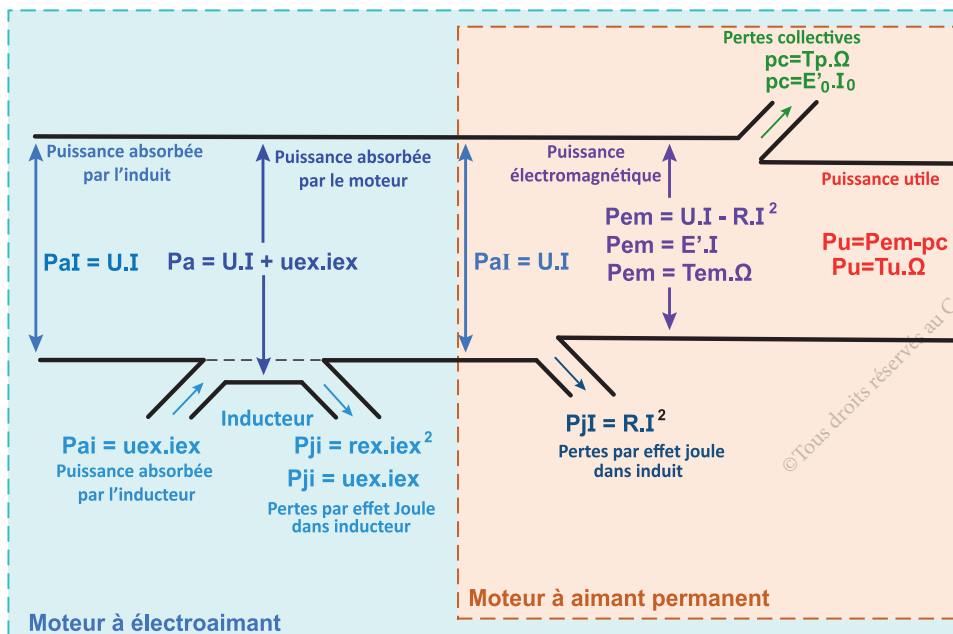
U : tension aux bornes de l'induit (V)

E' : f.c.e.m (V)

R : résistance de l'induit (Ω)

I : courant dans l'induit (A)

4 Bilan de puissances



Rendement :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

Pour déterminer les pertes collectives p_c on réalise un **essai à vide**.

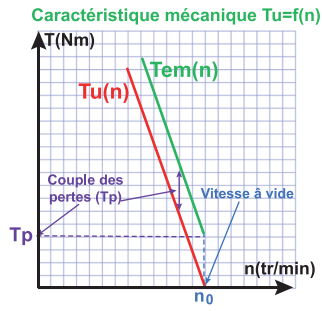
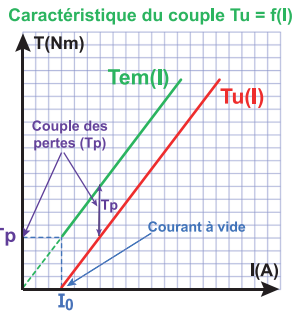
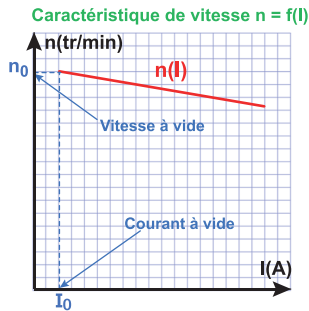
$$p_c = E'_0 \cdot I_0$$

avec $E'_0 = U - R \cdot I_0$

Tous droits réservés au Centre National Pédagogique



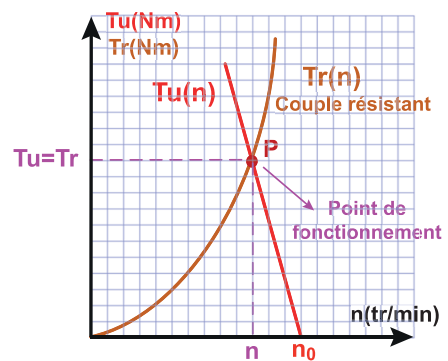
5 Caractéristiques d'un moteur à courant continu



6 Point de fonctionnement

Le point de fonctionnement se trouve sur l'intersection de la caractéristique mécanique du moteur et de la courbe qui caractérise le moment du couple résistant de la charge.

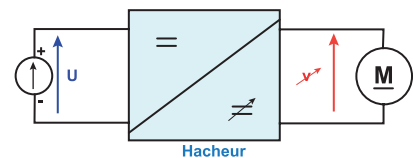
$$T_u = T_r$$



7 Hacheur série

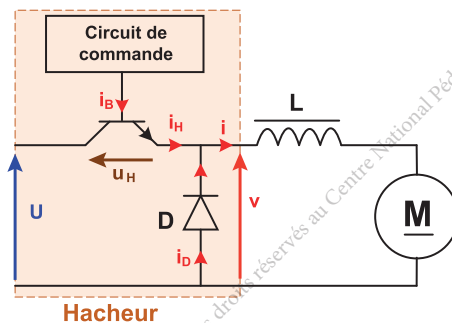
Définition et symbole

Un hacheur série est un convertisseur statique « continu – continu ». Il permet d'obtenir une tension continue réglable à partir d'une tension continue fixe.



8 Schéma d'un hacheur série à transistor

- D : diode de roue libre. Elle protège le transistor contre les surtensions provoquées par la bobine de l'induit.
- L : bobine de lissage. Elle permet de lisser le courant dans l'induit.
- Le circuit de commande permet de commander le transistor périodiquement.



9 Caractéristiques et valeur moyenne de la tension



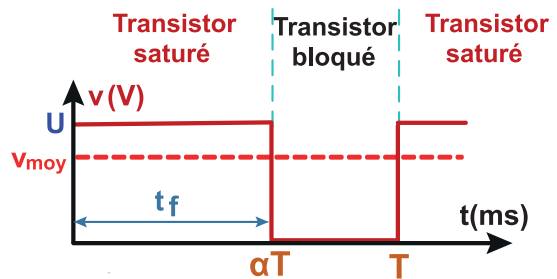
Evaluation TH6

Rapport cyclique:

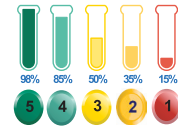
$$\alpha = \frac{t_f}{T}$$

Tension Moyenne:

$$V_{moy} = \alpha \cdot U$$



Grille d'auto-évaluation



| Thème 6 | Activités | | | | |
|---|-----------------------|----------------|---------------|------------------|-------------|
| Critères d'auto-évaluation | Degrés d'appréciation | | | | |
| | 5 Excellent | 4 Très bien | 3 Passable | 2 Insuffisant | 1 Faible |
| Compétences disciplinaires attendues | | | | | |
| CD1.2 : Déterminer les caractéristiques d'une machine ou d'un montage électrique. | | | | | |
| J'ai réussi à m'approprier les connaissances relatives au moteur à courant continu. | | | | | |
| CD2.2 : Mettre en œuvre une machine ou un montage électrique et analyser les grandeurs électriques ou mécaniques mises en jeu. | | | | | |
| J'ai réussi à analyser les caractéristiques d'un moteur à courant continu. | | | | | |
| J'ai réussi à choisir et mettre en œuvre une carte d'interface de commande d'un moteur à courant continu ; | | | | | |
| J'ai réussi à mettre en œuvre un variateur de vitesse d'un moteur à courant continu et analyser le fonctionnement | | | | | |
| CD3.2 : Décrire une machine électrique ou un montage électrique et en rendre compte. | | | | | |
| J'ai réussi à concevoir une carte de commande d'un moteur à courant continu avec interface. | | | | | |
| J'ai réussi à développer un programme pour varier la vitesse d'un moteur à courant continu. | | | | | |
| Les compétences de vie et les éducations à... | | | | | |
| J'ai respecté les règles de communication avec les membres du groupe et mon groupe classe. | | | | | |
| J'ai appris à prendre les décisions d'une manière efficace. | | | | | |
| J'ai exprimé mes idées d'une manière claire, courte et dans un langage adapté à mes différents interlocuteurs. | | | | | |
| J'ai appliqué correctement les consignes de sécurité. | | | | | |

© Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

BIBLIOGRAPHIE

- Manuel de cours, 4ème année de l'enseignement secondaire, Centre National Pédagogique.
- Manuel d'activités, 4ème année de l'enseignement secondaire, Centre National Pédagogique.
- Technologie des systèmes techniques, 7ème année technique Tome II, Centre National Pédagogique.
- Electronique 4ème, 5ème, 6ème et EM édition 1987 Centre National Pédagogique.
- Automatique tome 1 et 2 F.VASSEUR – J.AHETZ-ETCHEBER.
- Précis d'électronique cours et exercices résolus J.L.AZAM – Tome 2.
- Technologie et schémas d'électricité – niveau 2 travaux pratiques HENRI NEY
- Electronique terminale F2 – J.NIARD – Y.RENOUX – N.BASTIDE – R.MERAT.
- Génie électrique, 4ème année de l'enseignement secondaire sciences techniques, manuel d'activités, Centre National Pédagogique.
- Génie électrique, 4ème année de l'enseignement secondaire sciences techniques, manuel de cours, Centre National Pédagogique.
- TST, 4ème année technique, manuel de cours, Centre National Pédagogique.
- TST, 4ème année technique, manuel d'activités, Centre National Pédagogique.

WEBOGRAPHIE

- ▶ [Le_moteur_asynchrone.html](#)
- ▶ <http://fabrice.sincere.pagesperso-orange.fr/#qcm>.
- ▶ <http://phys.free.fr/elec1.htm>.
- ▶ <http://fisik.free.fr/ressources/MoteurAsynchrone.pdf>
- ▶ http://pv.meyne.free.fr/cours/numerique/Fonction_integree/fiche_333.htm
- ▶ <https://sciencesappliquees.com/sti2d/sin/219-conversion-analogique-numerique-et-numerique-analogique>
- ▶ <https://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Cours-Grafcet-notions-avancees.htm>
- ▶ https://www.siloged.fr/cours/html/ssi_grafcet/index.html
- ▶ http://www.lab.cnrs.fr/cours_automatique/grafcet/sommaire.htm
- ▶ <https://c.21-bal.com/category/Cours/>
- ▶ <https://c.21-bal.com/doc/51/index.html>
- ▶ http://electronique.aop.free.fr/liste_aop.html
- ▶ <https://design-and-enhanced-audio-systems.eu/index.html>

Tous droits réservés au Centre National Pédagogique

Liens des ressources numériques

| N° | Description du fichier | Nom du fichier | Liens |
|----|---------------------------------|----------------|---|
| 1 | Evaluation Th1 seq1 | qr1_p11.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr1_p11.pdf |
| 2 | Evaluation Th1 seq2 | qr2_p11.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr2_p11.pdf |
| 3 | Evaluation Th1 seq3 | qr3_p11.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr3_p11.pdf |
| 4 | Projet 01 Th1 | qr5_p11.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr5_p11.pdf |
| 5 | Cours Th1 | qr6_p11.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr6_p11.pdf |
| 6 | Video1 Th1 seq1 | qr8_p12.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme1/videos/qr8_p12.mp4 |
| 7 | Aide à l'activité 2 seq1 | qr9_p14.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr9_p14.pdf |
| 8 | Annexe MikroC | qr10_p14.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr10_p14.pdf |
| 9 | Aide à l'activité 3 seq1 | qr11_p17.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr11_p17.pdf |
| 10 | Aide à l'activité 4 seq1 | qr12_p18.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr12_p18.pdf |
| 11 | Aide à l'activité 5 seq1 | qr13_p19.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr13_p19.pdf |
| 12 | Aide à l'activité 2 seq2 | qr16_p25.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr16_p25.pdf |
| 13 | Aide à l'activité 3 seq2 | qr17_p28.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr17_p28.pdf |
| 14 | Aide à l'activité 4 seq2 | qr18_p29.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr18_p29.pdf |
| 15 | Aide à l'activité 2 seq3 | qr21_p35.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr21_p35.pdf |
| 16 | Aide à l'activité 3 seq3 | qr22_p36.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr22_p36.pdf |
| 17 | Aide à l'activité 4 seq3 | qr23_p40.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr23_p40.pdf |
| 18 | Evaluation Th1 seq3 | qr24_p43.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr24_p43.pdf |
| 19 | Phase d'intégration | qr25_p44.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr25_p44.pdf |
| 20 | Video1 Th1 seq3 | qr26_p44.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme1/videos/qr26_p44.mp4 |
| 21 | Savoir plus | qr27_p45.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme1/doc/qr27_p45.pdf |
| 22 | Evaluation Th2 | qr28_p49.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr28_p49.pdf |
| 23 | Projet01 Th2 | qr29_p49.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr29_p49.pdf |
| 24 | Projet02 Th2 | qr30_p49.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr30_p49.pdf |
| 25 | Projet03 Th2 | qr31_p49.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr31_p49.pdf |
| 26 | Projet04 Th2 | qr32_p49.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr32_p49.pdf |
| 27 | Datasheet des circuits intégrés | qr33_p49.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr33_p49.pdf |
| 28 | Video1 Th2 | qr34_p50.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme2/videos/qr34_p50.mp4 |
| 29 | Aide à l'activité 1 Th2 | qr35_p50.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr35_p50.pdf |
| 30 | Aide à l'activité 2 Th2 | qr36_p53.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr36_p53.pdf |
| 31 | Aide à l'activité 3 Th2 | qr37_p58.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr37_p58.pdf |
| 32 | Aide à l'activité 4 Th2 | qr38_p61.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr38_p61.pdf |
| 33 | Video2 Th2 | qr39_p65.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme2/videos/qr39_p65.mp4 |
| 34 | Aide à l'activité 6 Th2 | qr40_p67.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr40_p67.pdf |
| 35 | Aide à l'activité 7 Th2 | qr41_p68.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr41_p68.pdf |

| N° | Description du fichier | Nom du fichier | Liens |
|----|-----------------------------------|----------------|---|
| 36 | Aide à l'activité 8 Th2 | qr42_p70.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr42_p70.pdf |
| 37 | Evaluation Th2 | qr43_p77.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme2/doc/qr43_p77.pdf |
| 38 | Evaluation Th3 seq1 | qr48_p81.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr48_p81.pdf |
| 39 | Evaluation Th3 seq2 | qr49_p81.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr49_p81.pdf |
| 40 | Projet1 Th3 | qr50_p81.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr50_p81.pdf |
| 41 | Cours Th3 | qr51_p81.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr51_p81.pdf |
| 42 | Video1 Th3 seq1 | qr53_p82.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme3/videos/qr53_p82.mp4 |
| 43 | Aide à l'activité 2 Th3 | qr54_p85.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr54_p85.pdf |
| 44 | Aide à l'activité 3 Th3 | qr55_p88.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr55_p88.pdf |
| 45 | Aide à l'activité 4 Th3 | qr56_p90.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr56_p90.pdf |
| 46 | Aide à l'activité 5 Th3 | qr57_p91.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr57_p91.pdf |
| 47 | Aide à l'activité 6 Th3 | qr58_p92.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr58_p92.pdf |
| 48 | Aide à l'activité 7 Th3 | qr59_p94.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr59_p94.pdf |
| 49 | Aide à l'activité 8 Th3 | qr60_p95.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr60_p95.pdf |
| 50 | Capteur a effet Hall | qr61_p95.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr61_p95.pdf |
| 51 | Aide à l'activité 9 Th3 | qr62_p96.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr62_p96.pdf |
| 52 | Aide à l'activité 10 Th3 | qr63_p98.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr63_p98.pdf |
| 53 | Aide à l'activité 11 Th3 | qr64_p100.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr64_p100.pdf |
| 54 | Video1 Th3 seq2 | qr67_p104.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme3/videos/qr67_p104.mp4 |
| 55 | Aide à l'activité 1 Th3 seq2 | qr68_p104.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr68_p104.pdf |
| 56 | Guide EDUGRAF | qr69_p106.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr69_p106.pdf |
| 57 | Aide à l'activité 2 Th3 seq2 | qr70_p110.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr70_p110.pdf |
| 58 | Video2 Th3 seq2 | qr71_p110.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme3/videos/qr71_p110.mp4 |
| 59 | Guide EDUGRAF | qr72_p112.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr72_p112.pdf |
| 60 | Aide à l'activité 3 Th3 seq2 | qr73_p116.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme3/doc/qr73_p116.pdf |
| 61 | Projet fabrication d'une enceinte | qr75_p125.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme4/videos/qr75_p125.mp4 |
| 62 | Evaluation Th4 | qr76_p125.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme4/doc/qr76_p125.pdf |
| 63 | Cours Th4 | qr77_p125.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme4/doc/qr77_p125.pdf |
| 64 | Video1 Th4 | qr78_p126.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme4/videos/qr78_p126.mp4 |
| 65 | Savoir plus Batterie Li-ion | qr79_p127.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme4/doc/qr79_p127.pdf |
| 66 | Aide à l'activité 2 Th4 | qr80_p129.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme4/doc/qr80_p129.pdf |
| 67 | Aide à l'activité 13 Th4 | qr81_p150.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme4/doc/qr81_p150.pdf |
| 68 | Projet Th4 | qr83_p156.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme4/videos/qr83_p156.mp4 |
| 69 | Evaluation Th5 seq1 | qr84_p159.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr84_p159.pdf |
| 70 | Evaluation Th5 seq2 | qr85_p159.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr85_p159.pdf |

| N° | Description du fichier | Nom du fichier | Liens |
|-----|----------------------------------|----------------|---|
| 71 | Cours Th5 | qr86_p159.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr86_p159.pdf |
| 72 | video1 Th5 seq1 | qr88_p160.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme5/videos/qr88_p160.mp4 |
| 73 | video2 Th5 seq1 | qr89_p160.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme5/videos/qr89_p160.mp4 |
| 74 | Aide à l'activité 1 Th5 seq2 | qr92_p168.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr92_p168.pdf |
| 75 | Savoir plus voiture TESLA | qr93_p168.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr93_p168.pdf |
| 76 | video1 Th5 seq2 voiture TESLA | qr94_p168.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme5/videos/qr94_p168.mp4 |
| 77 | video2 Th5 seq2 | qr95_p169.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme5/videos/qr95_p169.mp4 |
| 78 | Animation Champ tournant | qr96_p170.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme5/videos/qr96_p170.mp4 |
| 79 | Aide à l'activité 2 Th5 seq2 | qr97_p171.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr97_p171.pdf |
| 80 | Bilan de puissance Th5 | qr98_p173.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr98_p173.pdf |
| 81 | Frein à poudre | qr99_p175.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr99_p175.pdf |
| 82 | Vidéo Th5 seq2 | qr102_p186.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme5/videos/qr102_p186.mp4 |
| 83 | Aide à l'activité 7 | qr103_p187.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr103_p187.pdf |
| 84 | Animation un seul sens de marche | qr127_p188.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme5/videos/qr127_p188.mp4 |
| 85 | Synoptique de dépannage | qr104_p189.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr104_p189.pdf |
| 86 | Détermination de P Q S | qr105_p190.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr105_p190.pdf |
| 87 | Animation démarrage 2 sens | qr106_p191.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme5/videos/qr106_p191.mp4 |
| 88 | Vidéo 4 Th5 seq2 | qr107_p192.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme5/videos/qr107_p192.mp4 |
| 89 | Aide à l'activité 8 Th5 seq2 | qr108_p194.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr108_p194.pdf |
| 90 | Animation démarrage YD | qr109_p195.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme5/videos/qr109_p195.mp4 |
| 91 | Catalogue moteurs | qr110_p196.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr110_p196.pdf |
| 92 | Catalogue Relais | qr111_p196.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr111_p196.pdf |
| 93 | Catalogue Fusibles | qr112_p197.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr112_p197.pdf |
| 94 | Catalogue Sectionneurs | qr113_p197.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr113_p197.pdf |
| 95 | Catalogue Contacteurs | qr114_p197.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr114_p197.pdf |
| 96 | Evaluation Th6 | qr116_p205.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme6/doc/qr116_p205.pdf |
| 97 | Cours Th6 | qr117_p205.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme6/doc/qr117_p205.pdf |
| 98 | Video1 Th6 | qr118_p206.mp4 | https://tech4elec.education.tn/Theme6/videos/qr118_p206.mp4 |
| 99 | Aide à l'activité 2 Th6 | qr119_p207.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme6/doc/qr119_p207.pdf |
| 100 | Aide bilan de puissances Th6 | qr120_p208.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme6/doc/qr120_p208.pdf |
| 101 | Aide à l'activité 3 Th6 | qr121_p213.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme6/doc/qr121_p213.pdf |
| 102 | Aide à l'activité 5 Th6 | qr123_p222.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme6/doc/qr123_p222.pdf |
| 103 | Aide à l'activité 6 Th6 | qr124_p226.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme6/doc/qr124_p226.pdf |
| 104 | Aide à l'activité 7 Th6 | qr125_p231.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme6/doc/qr125_p231.pdf |
| 105 | Aide à l'activité 6 Th5 seq2 | qr127_p186.pdf | https://tech4elec.education.tn/Theme5/doc/qr127_p186.pdf |