

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Session 2004

SUJET SORTI

PHYSIQUE APPLIQUÉE

Série : Sciences et Technologies Industrielles

Spécialité : Génie Électrotechnique

Durée de l'épreuve : 4 heures

coefficient : 7

L'usage de la calculatrice est autorisé

Le sujet comporte 8 pages numérotées de 1 à 8.

Les pages 7 et 8 sont à rendre avec la copie.

Le sujet est composé de trois parties pouvant être traitées de façon indépendante.

Partie A : Chaîne de traction à courant continu

On étudie un moteur à courant continu, son alimentation et le système qui assure la régulation de sa vitesse.

1. Moteur à courant continu à excitation indépendante

L'intensité d'excitation du moteur est maintenue constante.

Le constructeur donne le point de fonctionnement suivant :

- tension d'induit : $U = 260 \text{ V}$;
- intensité d'induit : $I = 17,5 \text{ A}$;
- fréquence de rotation : $n = 1600 \text{ tr/min}$.

La résistance de l'induit est $R = 1,73 \Omega$.

- 1.1. Calculer la force électromotrice (f.é.m.) E pour le fonctionnement donné.
- 1.2. À intensité du courant d'excitation constante, la f.é.m. E est proportionnelle à la fréquence de rotation. Montrer que $E = 0,144.n$ (avec n en tr/min).
- 1.3. Déterminer la fréquence de rotation pour $U = 160 \text{ V}$ et $I = 12,0 \text{ A}$.

2. Effet d'une variation de la charge

La tension U gardant la valeur de 160 V , l'intensité I du courant traversant l'induit devient égale à $17,5 \text{ A}$ à la suite d'une augmentation de charge du moteur.

- 2.1. Calculer la nouvelle valeur de la fréquence de rotation n .
- 2.2. Après cette augmentation de l'intensité I , comment faut-il agir sur la tension U pour retrouver la valeur initiale de n ?

3. Alimentation du moteur

Le circuit d'alimentation (redresseur commandé) de l'induit est représenté sur la figure 1 de l'annexe page 6. Grâce à la bobine, l'intensité I et la tension U de l'induit sont constantes. On visualise les grandeurs v et i_A sur un oscilloscope en utilisant une sonde de tension différentielle de rapport $1/200$ et une pince de courant de sensibilité 100 mV/A . L'oscillogramme obtenu est donné à la figure 2 de l'annexe page 6.

- 3.1. Le redresseur commandé est-il un pont tout thyristor ou un pont mixte ? Justifier en s'appuyant sur l'une des courbes de l'oscillogramme.
- 3.2. Déterminer la valeur efficace V de la tension v .
- 3.3. Déterminer la valeur maximale \hat{i}_A de l'intensité i_A et en déduire que l'intensité I est égale à 12 A .

4. Dynamo tachymétrique

Le moteur entraîne une dynamo tachymétrique qui est munie de deux résistances (figures 1 et 3 de l'annexe page 6). Quand la fréquence de rotation n est égale à 1000 tr/min , la tension u_{DT} vaut $60,0 \text{ V}$.

- 4.1. Quel est le rôle de la dynamo tachymétrique ?
- 4.2. Donner l'expression de la tension u_n en fonction de u_{DT} , R_A et R_B .
- 4.3. $R_A = 10,0 \text{ k}\Omega$. Calculer R_B de façon à obtenir u_n égale à $10,0 \text{ V}$ quand la fréquence de rotation vaut 1000 tr/min .

5. Régulation de la vitesse du moteur

La figure 4 de l'annexe page 6 montre la structure du système qui assure la régulation de la vitesse du moteur.

La chaîne d'action est telle que : $U = 457u_{ER}$ et $u_n = 0,01n$ avec n en tr/min .

On fixe $u_c = 10,0 \text{ V}$.

- 5.1. Dans cette structure, de quoi est constituée la chaîne directe ? La chaîne de retour ?
- 5.2. Donner l'expression de u_{ER} en fonction de la tension de consigne u_c et de u_n .
- 5.3. Pour un premier fonctionnement à $I = 12 \text{ A}$, on obtient $n = 965 \text{ tr/min}$. Calculer u_n , u_{ER} et U .
- 5.4. A la suite d'une augmentation de la charge du moteur, identique à celle de la question 2 ($I = 17,5 \text{ A}$), la fréquence de rotation du moteur diminue légèrement : $n = 963 \text{ tr/min}$. Quel est l'intérêt du système ?

Partie B : Moteur asynchrone triphasé

1. Réseau triphasé

Dans un premier temps, le moteur asynchrone étudié est alimenté directement par un réseau triphasé sinusoïdal équilibré de fréquence 50 Hz .

Le moteur non couplé et le réseau sont représentés sur la figure 1 du document réponse 1 page 7. Le voltmètre 1 indique 415 V en mode AC.

- 1.1. Déterminer la valeur indiquée par le voltmètre 2 en mode AC.
- 1.2. Quelles sont les indications des deux voltmètres en mode DC ? Expliquer.
- 1.3. Compléter la figure 1 du document réponse 1 avec les connexions nécessaires pour coupler le moteur asynchrone en étoile sans raccord au neutre.
- 1.4. Exprimer la tension u_{12} en fonction des tensions simples v_1 et v_2 .
- 1.5. La tension v_1 est en avance sur la tension v_2 , compléter la figure 2 en traçant les vecteurs de Fresnel associés aux tensions v_2 , v_3 et u_{12} .

2. Exploitation des données du constructeur

Le constructeur indique que le moteur comporte 6 pôles. Il donne également les valeurs suivantes pour le fonctionnement nominal sur un réseau $415 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$:

puissance utile : $P_{uN} = 3 \text{ kW}$
intensité : $I_N = 7,1 \text{ A}$

fréquence de rotation : $n_N = 950 \text{ tr/min}$
facteur de puissance : $k = 0,75$

- 2.1. Quelle est la fréquence de synchronisme n_s du moteur ?
- 2.2. Calculer pour le fonctionnement nominal :
 - 2.2.1. la puissance reçue : P_{aN} ;
 - 2.2.2. le rendement : η_N ;
 - 2.2.3. le moment du couple utile : T_{uN} ;
 - 2.2.4. le glissement : g_N .

3. Bilan des puissances

Une étude expérimentale a permis de déterminer les grandeurs suivantes :

- résistance d'un enroulement du stator : $r_s = 2,50 \Omega$;
- pertes fer : $p_{fs} = 210 \text{ W}$;
- puissance reçue au fonctionnement nominal : $P_{aN} = 3,83 \text{ kW}$.

Calculer pour le fonctionnement nominal, le stator étant couplé en étoile :

- 3.1. les pertes par effet Joule P_{js} au stator ;
- 3.2. la puissance transmise P_{tr} au rotor ;
- 3.3. les pertes par effet Joule P_{jr} au rotor ;
- 3.4. les pertes mécaniques P_m .

4. Moteur alimenté à U/f constant

Le moteur est maintenant alimenté par un variateur qui permet de régler la fréquence en maintenant le rapport U/f constant. Pour une fréquence $f = 50 \text{ Hz}$, la tension efficace entre phases est $U = 415 \text{ V}$.

Sur la figure 3 du document réponse 1, on a représenté les variations du moment du couple utile T_U en fonction de la fréquence de rotation n à 50 Hz.

On rappelle que dans un fonctionnement à U/f constant, la partie utile de la caractéristique $T_U(n)$ est assimilable à un segment de droite se déplaçant parallèlement à lui-même lorsque la fréquence de la tension d'alimentation change.

Le moteur entraîne une charge qui oppose un couple résistant de moment constant (indépendant de la fréquence de rotation) : $T_R = 18 \text{ N.m}$.

- 4.1. Quel est l'intérêt d'alimenter le moteur avec ce variateur plutôt qu'avec le réseau ?
- 4.2. Tracer sur la figure 3 la caractéristique mécanique $T_R(n)$ de la charge.
- 4.3. La fréquence f est réglée à 25 Hz.
 - 4.3.1. Tracer sur la figure 3 la caractéristique mécanique $T_U(n)$ du moteur pour une fréquence de 25 Hz.
 - 4.3.2. Déterminer la fréquence de rotation.
 - 4.3.3. Calculer la tension efficace entre phases.

Partie C : Onduleur

On étudie le fonctionnement d'un onduleur à deux interrupteurs. Ce type de convertisseur est notamment utilisé dans certains appareils de cuisson à induction.

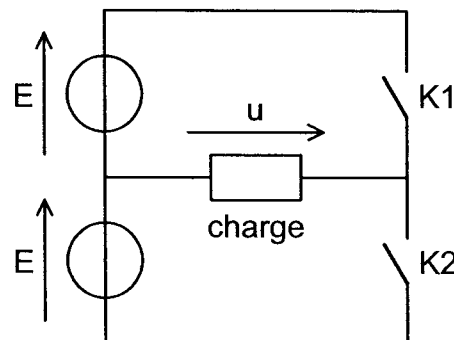
1. Etude de la tension

Le schéma ci-contre montre la structure générale du montage. $E = 200 \text{ V}$.

1.1. Quelle est l'expression de la tension u quand l'interrupteur $K1$ est fermé et l'interrupteur $K2$ ouvert ?

1.2. Quelle est l'expression de la tension u quand l'interrupteur $K1$ est ouvert et l'interrupteur $K2$ fermé ?

1.3. Pourquoi ne doit-on jamais fermer $K1$ et $K2$ simultanément ?



On étudie le fonctionnement du montage sur deux périodes. A tout moment, un interrupteur est fermé et l'autre est ouvert. Sur le document réponse 2 page 8, on indique l'interrupteur fermé.

1.4. Tracer le chronogramme de la tension u sur le document réponse 2 page 8.

1.5. Calculer la fréquence de la tension u .

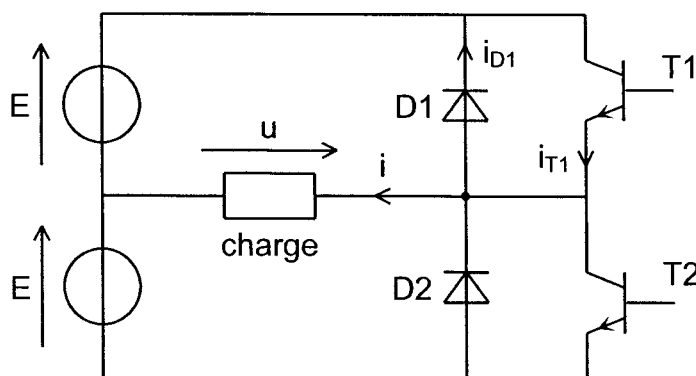
1.6. Quelle est la valeur efficace de la tension u ?

2. Etude des courants

En fait, chaque interrupteur est composé d'une diode et d'un transistor :

- $K1$ est constitué de $T1$ et $D1$,
- $K2$ est constitué de $T2$ et $D2$.

Ces composants fonctionnent en commutation, ils sont supposés parfaits.



2.1. On suppose que l'interrupteur $K1$ est fermé.

2.1.1. Quel composant ($T1$ ou $D1$) est passant quand l'intensité i du courant est positive ?

2.1.2. Quel composant ($T1$ ou $D1$) est passant quand cette intensité i est négative ?

2.2. Sur le document réponse 2, on donne le chronogramme de l'intensité i .

2.2.1. En complétant le tableau prévu à cet effet, indiquer le composant passant pour chacun des intervalles de temps délimités.

2.2.2. Tracer les chronogrammes des intensités i_{T1} et i_{D1} .

Annexe

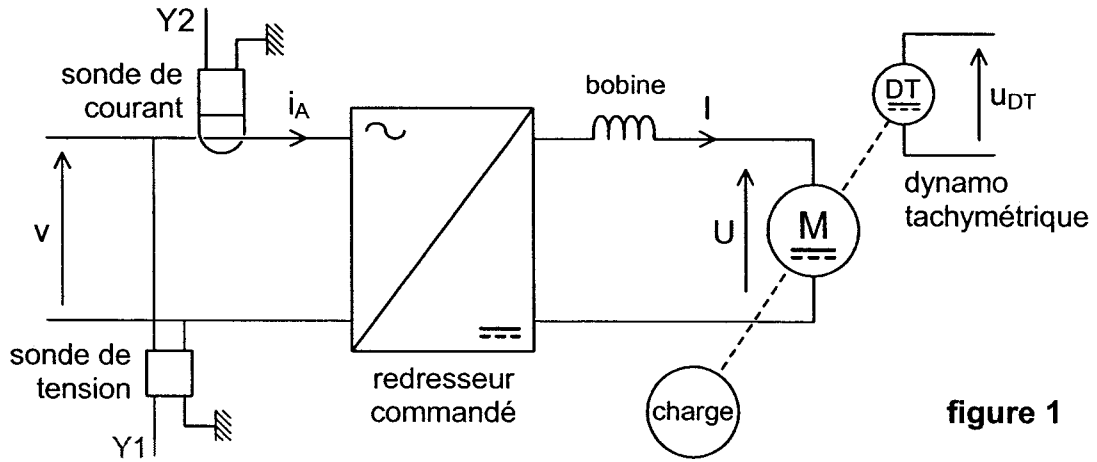
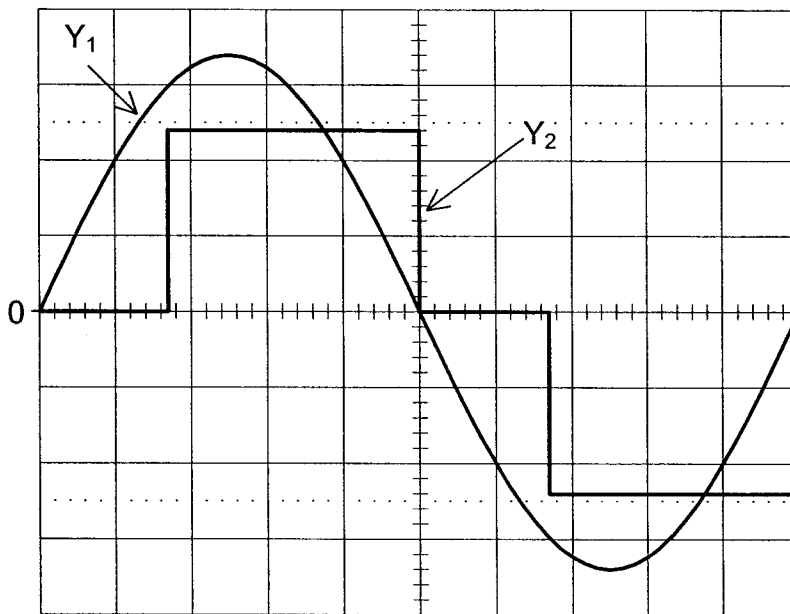


figure 1

figure 2



Y1 : 0,5 V/div Y2 : 0,5 V/div
Base de temps : 2 ms/div

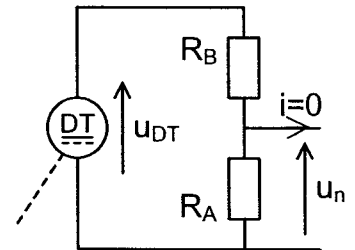
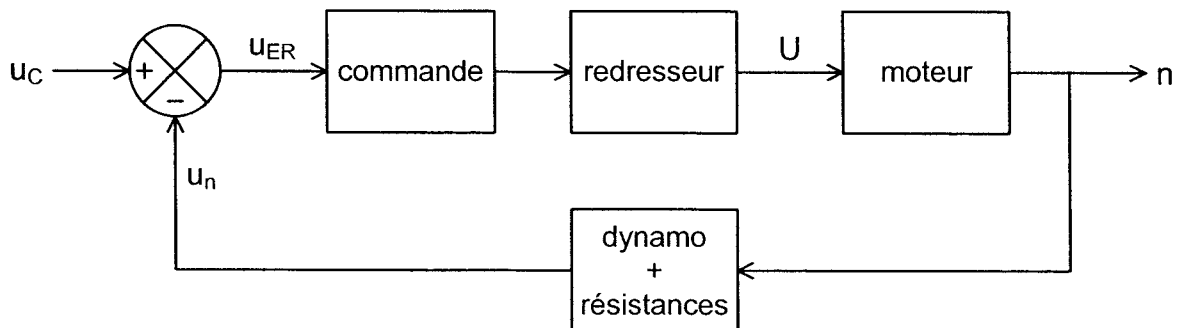


figure 3

figure 4



Document réponse 1 - A RENDRE AVEC LA COPIE

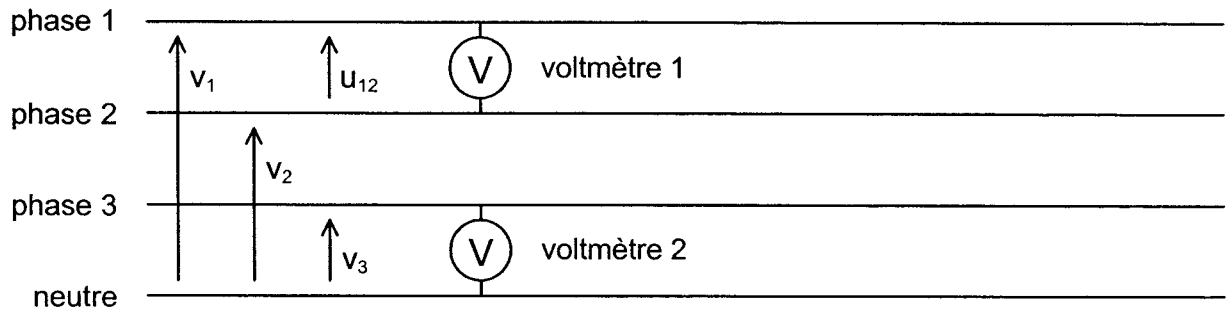


figure 1

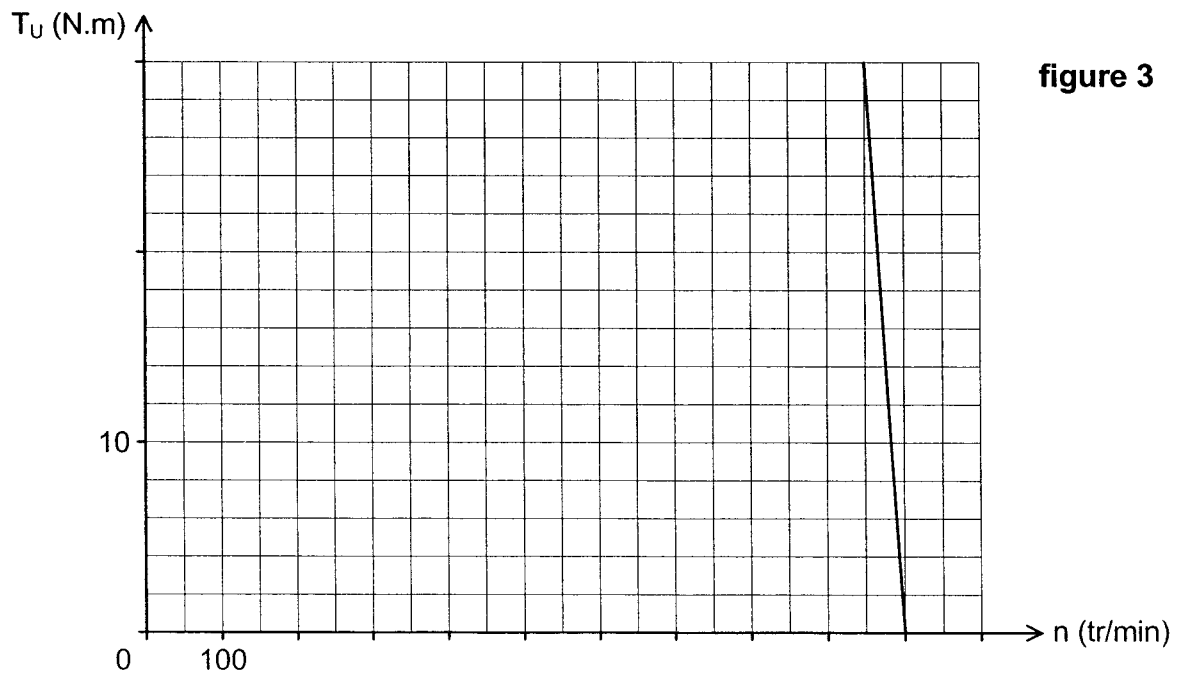
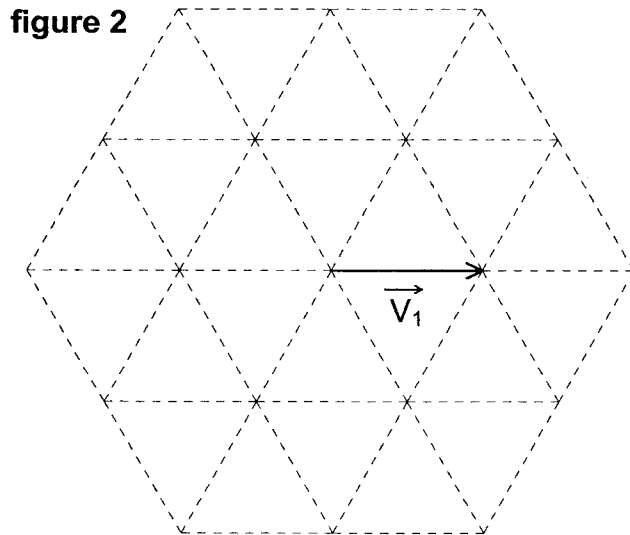
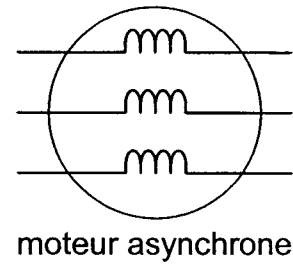
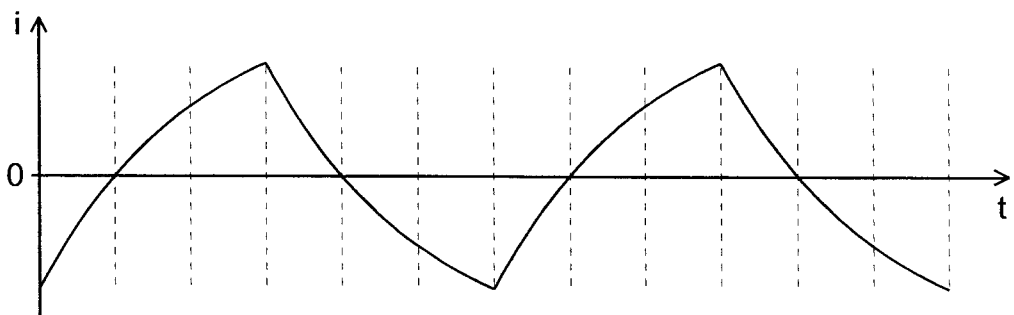
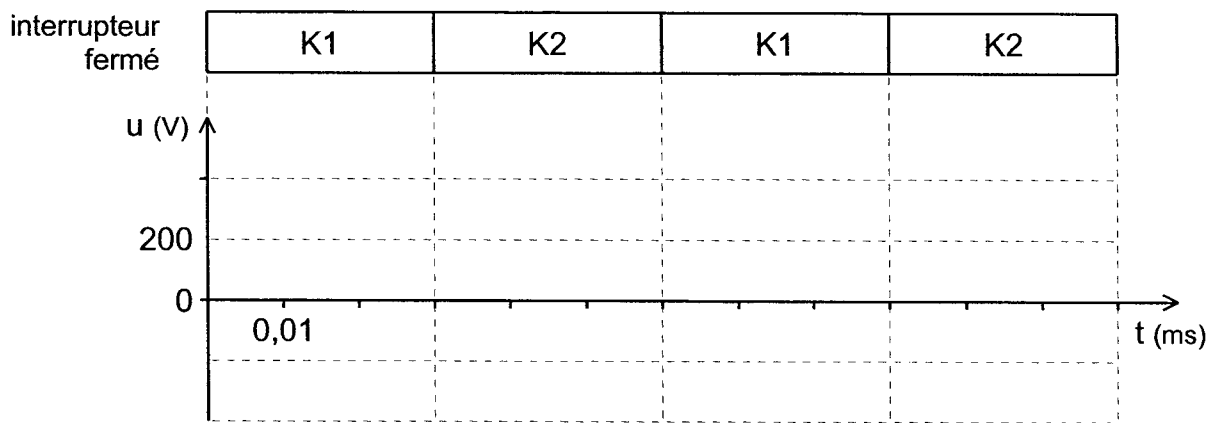


figure 3

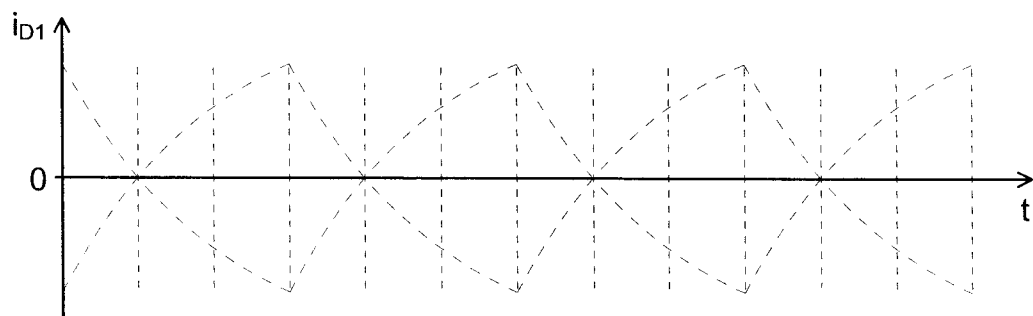
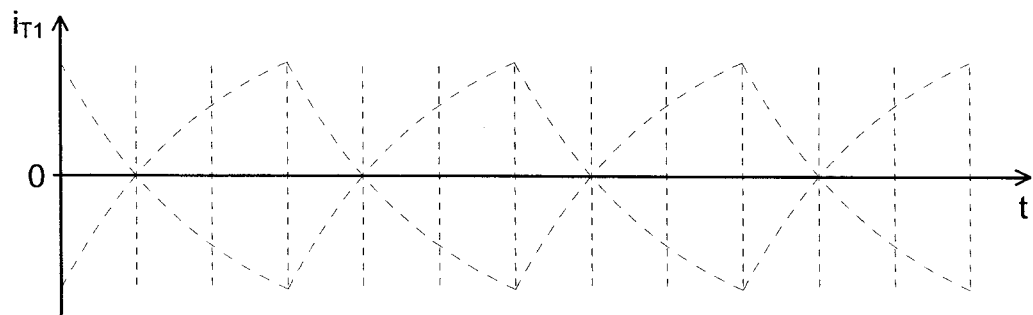
Document réponse 2 - A RENDRE AVEC LA COPIE



composant passant

			D2	T2	T2
--	--	--	----	----	----

Tableau à compléter



moteur à courant continu :

On étudie un moteur à courant continu, son alimentation et le système qui assure la régulation de sa vitesse.

L'intensité d'excitation du moteur est maintenue constante. Le constructeur donne le point de fonctionnement suivant :

- tension d'induit : $U = 260 \text{ V}$; - intensité d'induit : $I = 17,5 \text{ A}$; - fréquence de rotation : $n = 1600 \text{ tr/min}$.

La résistance de l'induit est $R = 1,73 \text{ W}$.

1. Calculer la force électromotrice (f.é.m.) E pour le fonctionnement donné.
2. A intensité du courant d'excitation constante, la f.é.m. E est proportionnelle à la fréquence de rotation. Montrer que $E = 0,144.n$ (avec n en tr/min).
3. Déterminer la fréquence de rotation pour $U = 160 \text{ V}$ et $I = 12,0 \text{ A}$.

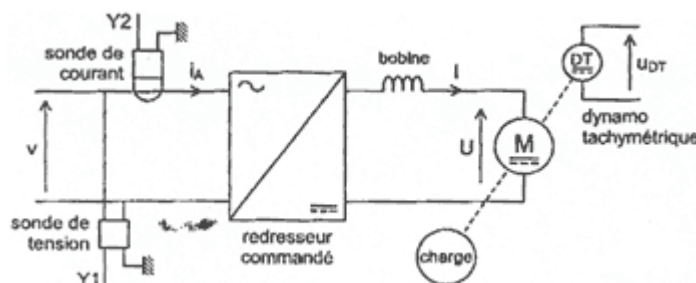
Effet d'une variation de la charge

La tension U gardant la valeur de 160 V , l'intensité I du courant traversant l'induit devient égale à $17,5 \text{ A}$ à la suite d'une augmentation de charge du moteur.

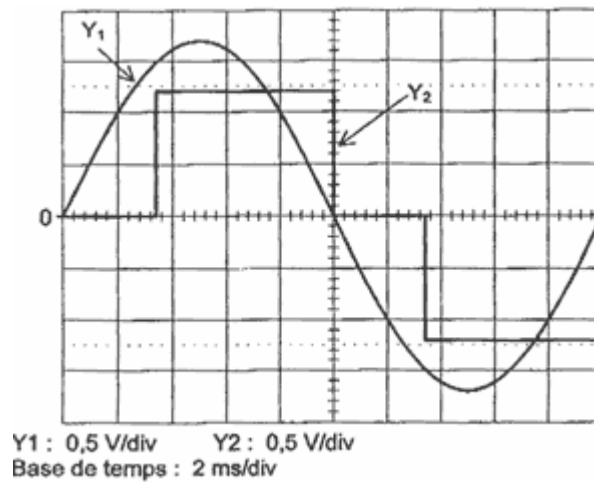
1. Calculer la nouvelle valeur de la fréquence de rotation n .
2. Après cette augmentation de l'intensité I , comment faut-il agir sur la tension U pour retrouver la valeur initiale de n ?

Alimentation du moteur

Le circuit d'alimentation (redresseur commandé) de l'induit est représenté :



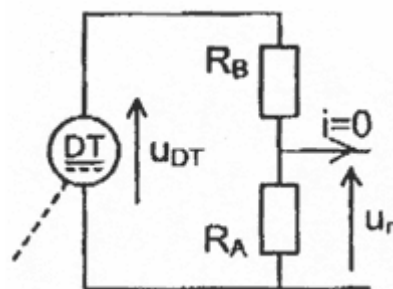
Grâce à la bobine, l'intensité I et la tension U de l'induit sont constantes. On visualise les grandeurs v et i_A sur un oscilloscope en utilisant une sonde de tension différentielle de rapport $1/200$ et une pince de courant de sensibilité 100 mV/A . L'oscillogramme obtenu est donné :



1. Le redresseur commandé est-il un pont tout thyristor ou un pont mixte ? Justifier en s'appuyant sur l'une des courbes de l'oscillogramme.
2. Déterminer la valeur efficace V de la tension v .
3. Déterminer la valeur maximale \hat{i}_A de l'intensité i_A et en déduire que l'intensité I est égale à 12 A.

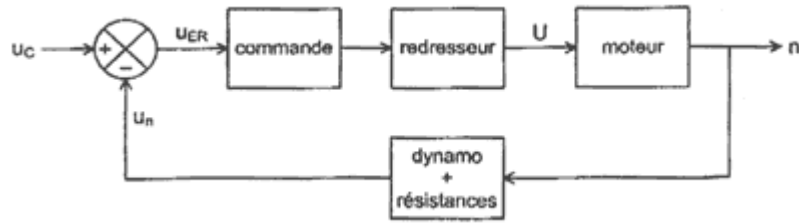
Dynamo tachymétrique

Le moteur entraîne une dynamo tachymétrique qui est munie de deux résistances. Quand la fréquence de rotation n est égale à 1 000 tr/min, la tension u_{DT} vaut 60,0 V.



1. Quel est le rôle de la dynamo tachymétrique ?
2. Donner l'expression de la tension u_n en fonction de u_{DT} , R_A et R_B .
3. $R_A = 10,0 \text{ k}\Omega$. Calculer R_B de façon à obtenir un u_n égale à 10,0 V quand la fréquence de rotation vaut 1 000 tr/min.

Régulation de la vitesse du moteur



La figure montre la structure du système qui assure la régulation de la vitesse du moteur. La chaîne d'action est telle que : $U = 457u_{ER}$ et $u_n = 0,01 n$ avec n en tr/min. On fixe $u_c = 10,0 V$.

1. Dans cette structure, de quoi est constituée la chaîne directe ? La chaîne de retour ?
2. Donner l'expression de U_{ER} en fonction de la tension de consigne u_c et de u_n .
3. Pour un premier fonctionnement à $I = 12 A$, on obtient $n = 965$ tr/min. Calculer u_n , u_{ER} et U .
4. A la suite d'une augmentation de la charge du moteur, identique à celle de la question II ($I = 17,5 A$), la fréquence de rotation du moteur diminue légèrement : $n = 963$ tr/min. Quel est l'intérêt du système ?

corrigé

$$U = E + RI \text{ soit } E = U - RI = 260 - 1,73 * 17,5 = \underline{230 V}.$$

E étant proportionnelle à la fréquence de rotation : $E = k n$ soit $k = E/n = 230/1600 = \underline{0,144 V.tr^{-1}.min.}$

$$\text{Si } I = 12 A \text{ et } U = 160 V, \text{ alors : } E = U - RI = 160 - 1,73 * 12 = 139 V.$$

$$\text{or } n = E / k = 139 / 0,144 = \underline{965 tr/min}.$$

Effet d'une variation de la charge :

$$\text{Si } I = 17,5 A \text{ et } U = 160 V \text{ alors } E = U - RI = 160 - 1,73 * 17,5 = 130 V.$$

$$n = E/k = (U - RI) / k$$

Pour retrouver la vitesse initiale n , il faut que E augmente : donc augmenter U car I est constante.

Alimentation du moteur :

Le redresseur commandé utilisé est un pont mixte : on reconnaît sur la courbe représentant de i_a (voie Y_2) des phases de roue libre ($i_a = 0$) qui n'existent pas avec un pont tout thyristor.

$$\text{Lecture graphe, } V_{\max} = 3,4 * 0,5 * 200 = 340 V \text{ (voie } Y_1).$$

$$\text{Or pour une tension sinusoïdale, } V_{\text{eff}} = V_{\max} / 1,414 = 340 / 1,414 = \underline{240 V}.$$

Soit \hat{i}_a la valeur maximale de l'intensité i_A .

$$\hat{i}_a = 2,4 * 0,5 / (100 * 10^{-3}) = \underline{12 A} \text{ (pince de courant } 100 \text{ mV/A)}.$$

En phase d'alimentation, le courant i_a prend les valeurs $+ I$ ou $- I$. soit $+12$ ou -12 A

Dynamo tachymétrique :

Une dynamo tachymétrique est un dispositif délivrant une tension proportionnelle à la fréquence de rotation du moteur. Associée à un voltmètre, elle permet donc de mesurer la fréquence de rotation du moteur.

On reconnaît la structure "pont diviseur de tension" donc

$$u_N = R_A / (R_A + R_B) u_{DT}$$

si $n = 1000$ tr/min, alors $u_{DT} = 60,0$ V.

$$u_N (R_A + R_B) = R_A u_{DT} \quad ; \quad R_B = R_A (u_{DT} - u_N) / u_N$$

$$R_B = 10^4 (60 - 10) / 10 = 5 \cdot 10^4 \text{ ohms.}$$

Régulation de la vitesse du moteur

La chaîne directe est constituée de la commande, du redresseur et du moteur.

La chaîne de retour est constituée de la dynamo tachymétrique et des résistances.

U_{ER} est la sortie de l'opérateur différentiel donc $U_{ER} = U_C - U_N$.

si $n = 965$ tr/min, alors : $u_{DT} = 965 \cdot 60 / 1000 = 58$ V.

$$\text{et } u_N = R_A / (R_A + R_B) u_{DT} = 10^4 / ((1+5)10^4) \cdot 58 = 9,66 \text{ V}$$

$$\text{de plus : } U_{ER} = U_C - U_N = 10 - 9,66 = 0,34 \text{ V}$$

$$U = 457 U_{ER} \text{ donc } U = 457 \cdot 0,34 = 160 \text{ V.}$$

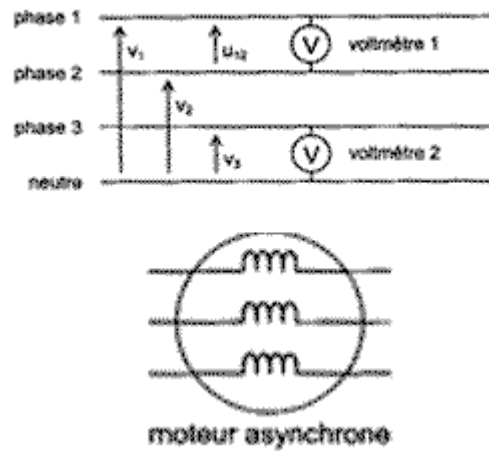
A la suite d'une augmentation de la charge ($I = 17,5$ A), la fréquence de rotation du moteur, non régulée, passait de 965 à 903 tr/min.

Avec un système de régulation de la vitesse, la vitesse ne passe que de 965 à 963 tr/min.

Le système permet donc de maintenir la vitesse du moteur proche de la valeur souhaitée, celle déterminée par la tension U_C .

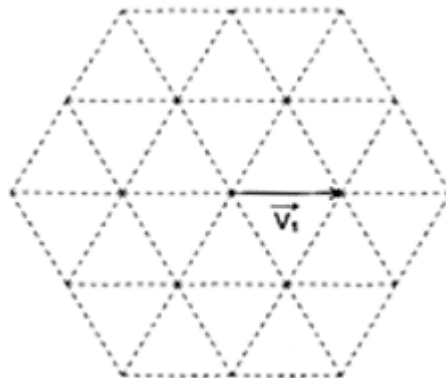
Le système régulé est moins sensible à une variation de charge.

Dans un premier temps, le moteur asynchrone étudié est alimenté directement par un réseau triphasé sinusoïdal équilibré de fréquence 50 Hz. Le moteur non couplé et le réseau sont représentés sur la figure :



Le voltmètre 1 indique 415 V en mode AC.

1. Déterminer la valeur indiquée par le voltmètre 2 en mode AC.
2. Quelles sont les indications des deux voltmètres en mode DC ? Expliquer. Compléter la figure avec les connexions nécessaires pour coupler le moteur asynchrone en étoile sans raccord au neutre.
3. Exprimer la tension u_{12} en fonction des tensions simples v_1 et v_2 .
4. La tension v_1 est en avance sur la tension v_2 , compléter la figure en traçant les vecteurs de Fresnel associés aux tensions v_2 , v_3 et u_{12} .



Exploitation des données du constructeur

Le constructeur indique que le moteur comporte 6 pôles. Il donne également les valeurs suivantes pour le fonctionnement nominal sur un réseau 415 V - 50 Hz : puissance utile : $P_{UN} = 3$ kW, fréquence de rotation : $n_N = 950$ tr/min, intensité : $I_N = 7,1$ A, facteur de puissance : $k = 0,75$

1. Quelle est la fréquence de synchronisme n_s du moteur ?
2. Calculer pour le fonctionnement nominal : a) la puissance reçue : P_{aN} ; b) le rendement : η_N ; c) le moment du couple utile : T_{uN} ; d) le glissement : g_N .

Bilan des puissances

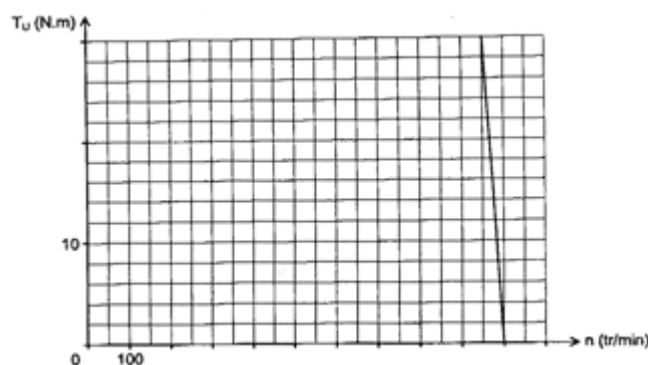
Une étude expérimentale a permis de déterminer les grandeurs suivantes :

- résistance d'un enroulement du stator : $r_s = 2,50 \Omega$;
- pertes fer: $p_{fs} = 210 \text{ W}$;
- puissance reçue au fonctionnement nominal : $P_{aN} = 3,83 \text{ kW}$. Calculer pour le fonctionnement nominal, le stator étant couplé en étoile :
- les pertes par effet Joule P_{js} au stator ;
- la puissance transmise P_{tr} au rotor ;
- les pertes par effet Joule P_{jr} au rotor ;
- les pertes mécaniques P_m .

Moteur alimenté à U/f constant

Le moteur est maintenant alimenté par un variateur qui permet de régler la fréquence en maintenant le rapport U/f constant. Pour une fréquence $f = 50 \text{ Hz}$, la tension efficace entre phases est $U = 415 \text{ V}$.

Sur la figure, on a représenté les variations du moment du couple utile T_U en fonction de la fréquence de rotation n à 50 Hz. On rappelle que dans un fonctionnement à U/f constant, la partie utile de la caractéristique $T_U(n)$ est assimilable à un segment de droite se déplaçant parallèlement à lui-même lorsque la fréquence de la tension d'alimentation change. Le moteur entraîne une charge qui oppose un couple résistant de moment constant (indépendant de la fréquence de rotation) : $T_R = 18 \text{ N.m}$.



1. Quel est l'intérêt d'alimenter le moteur avec ce variateur plutôt qu'avec le réseau ?
2. Tracer sur la figure la caractéristique mécanique $T_R(n)$ de la charge.
3. La fréquence f est réglée à 25 Hz. Tracer sur la figure la caractéristique mécanique T_U du moteur pour une fréquence de 25 Hz.
 - Déterminer la fréquence de rotation. Calculer la tension efficace entre phases.

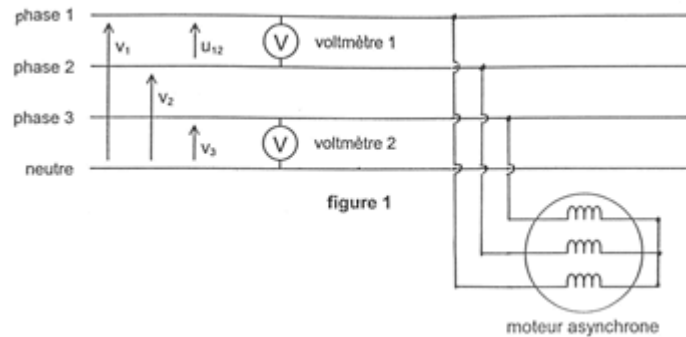
corrigé

Le voltmètre 1 mesure la valeur efficace U de la tension composée (entre phases) alors que le voltmètre 2 mesure la valeur efficace V de la tension simple (entre phase et neutre) :

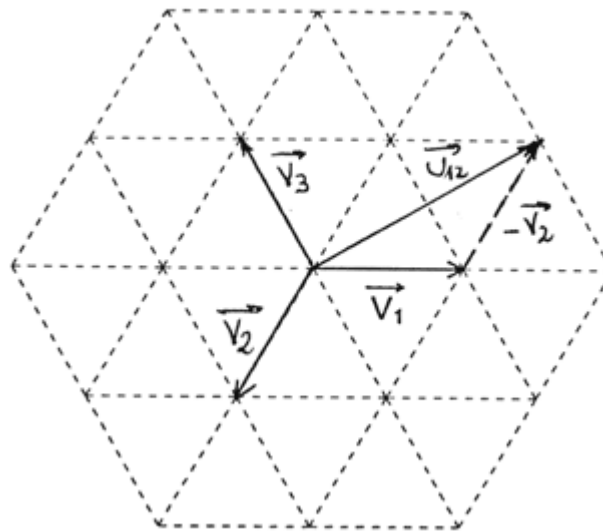
$$V = U / (\text{racine carrée } (3)) = 415 / 1,732 = \underline{240 \text{ V}}$$

Les tensions simples et composées du réseau sont des tensions sinusoïdales alternatives. Leur valeur moyenne est donc nulle.

Or, en mode DC, on mesure la valeur moyenne d'une tension. Les voltmètres 1 et 2 indiquent donc 0 V.



$$u_{12} = v_1 - v_2 ; v_1 \text{ en avance de } 2\pi/3 \text{ rad sur } v_2.$$



Exploitation des données du constructeur

La fréquence de synchronisme n_s , en tr/min, est donnée par : $n_s = 60 f/p = 50 \cdot 60/3 = \underline{1000 \text{ tr/min}}$

(6 pôles, $p = 3$ paires de pôles).

Pour le fonctionnement nominal :

$$P_{aN} = \text{racine carrée (3)} U I \cos \varphi = 1,732 \cdot 415 \cdot 7,1 \cdot 0,75 = \underline{3,83 \text{ kW}}$$

$$\eta_N = P_{uN} / P_{aN} = 3000 / 3830 = 0,783 \text{ (78,3\%)}$$

$$T_{uN} = P_{uN} / \Omega_N = P_{uN} \cdot 60 / (2\pi \eta_N) = 3000 \cdot 60 / (2 \cdot 3,14 \cdot 950) = \underline{30,2 \text{ Nm.}}$$

$$g_N = (n_s - n_N) / n_s = (1000 - 950) / 1000 = \underline{0,05 \text{ (5\%)}}$$

Bilan des puissances

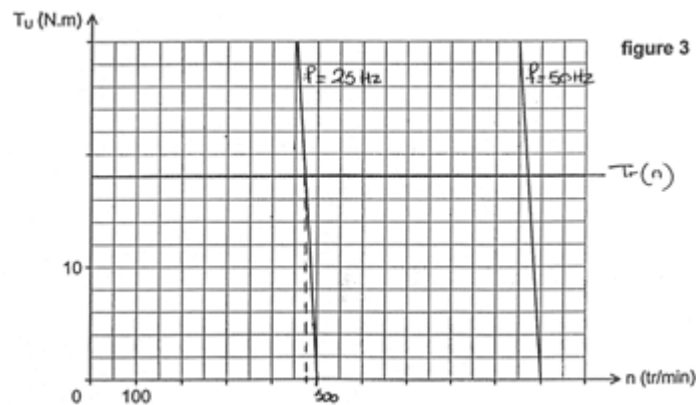
$$P_{js} = 3r_s I^2 = 3 * 2,5 * 7,1^2 = 378 \text{ W}$$

$$P_{tr} = P_{aN} - P_{js} - P_{fs} = 3,83 \cdot 10^3 - 378 - 210 = 3,24 \text{ kW}$$

$$P_{jr} = g P_{tr} = 0,05 * 3,24 \cdot 10^3 = 162 \text{ W}$$

$$P_m = P_{tr} - P_u - P_{jr} = 3,24 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^3 - 162 = 78 \text{ W}$$

Moteur alimenté à U/f constant



La vitesse de rotation d'un moteur asynchrone est proportionnelle à la fréquence des tensions d'alimentation. Avec le réseau, la fréquence est fixe ($f = 50 \text{ Hz}$) et la vitesse du moteur ne peut donc varier. Avec un onduleur, on peut faire varier la vitesse du moteur par action sur f . Le maintien du rapport U/f constant permet de maintenir le couple constant.

La fréquence f est réglée à 25 Hz .

A $f = 25 \text{ Hz}$, la nouvelle fréquence de synchronisme est $n = 60 f/p = 60 * 25/3 = 500 \text{ tr/min}$

La nouvelle caractéristique mécanique est parallèle à la précédente et passe par le point ($n = 500$; $T_u = 0$).

Graphiquement, on lit que la nouvelle fréquence de rotation du moteur est $n = 470 \text{ tr/min}$.

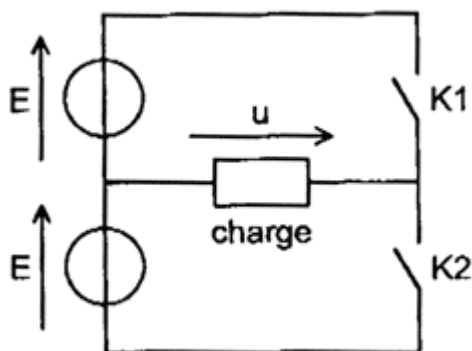
$$U/f = \text{constante donc } U = 415 * 25 / 50 = \underline{208 \text{ V}}.$$

Onduleur

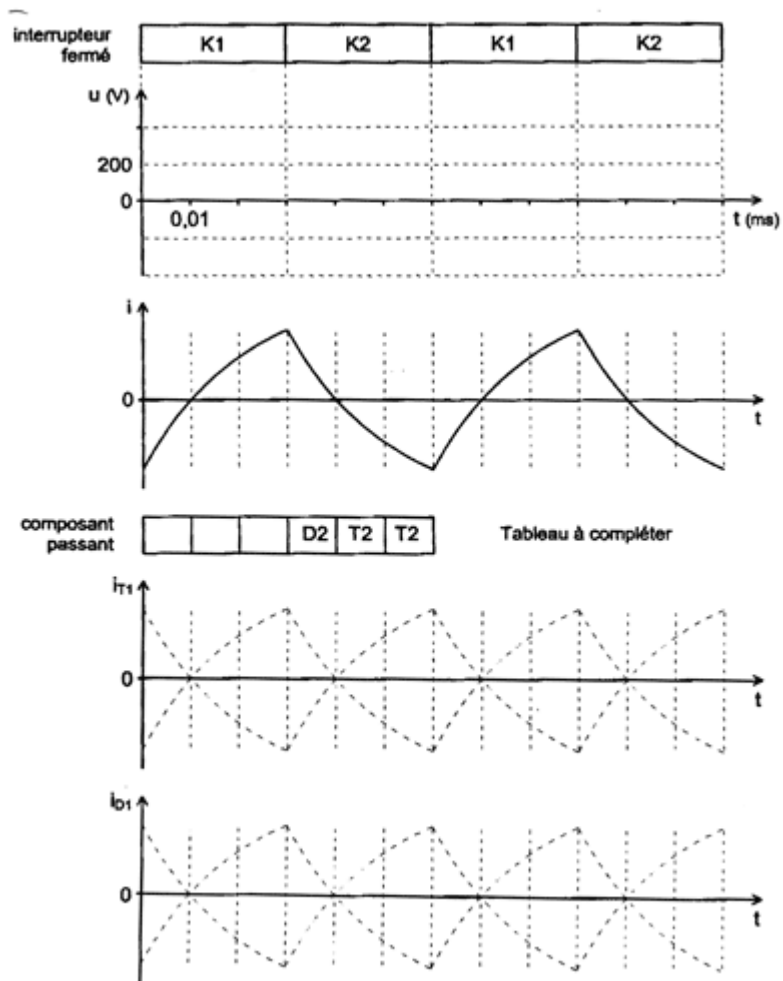
On étudie le fonctionnement d'un onduleur à deux interrupteurs. Ce type de convertisseur est notamment utilisé dans certains appareils de cuisson à induction.

Etude de la tension

Le schéma montre la structure générale du montage. $E = 200 \text{ V}$.



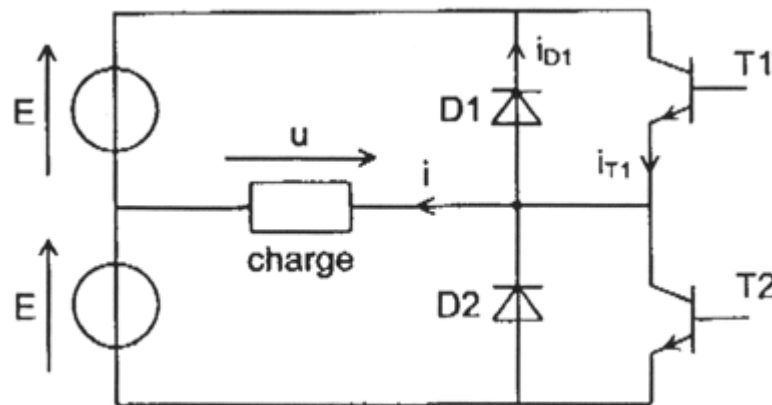
1. Quelle est l'expression de la tension u quand l'interrupteur K_1 est fermé et l'interrupteur K_2 ouvert ?
2. Quelle est l'expression de la tension u quand l'interrupteur K_1 est ouvert et l'interrupteur K_2 fermé ?
3. Pourquoi ne doit-on jamais fermer K_1 et K_2 simultanément ?
4. On étudie le fonctionnement du montage sur deux périodes. A tout moment, un interrupteur est fermé et l'autre est ouvert. Sur le document réponse, on indique l'interrupteur fermé. Tracer le chronogramme de la tension u sur le document réponse.



5. Calculer la fréquence de la tension u .
6. Quelle est la valeur efficace de la tension u ?

[Etude des courants](#)

En fait, chaque interrupteur est composé d'une diode et d'un transistor :- K_1 est constitué de T_1 et D_1 , - K_2 est constitué de T_2 et D_2 . Ces composants fonctionnent en commutation, ils sont supposés parfaits.



1. On suppose que l'interrupteur K_1 est fermé. Quel composant (T_1 ou D_1) est passant quand l'intensité i du courant est positive ? Quel composant (T_1 ou D_1) est passant quand cette intensité i est négative ?
2. Sur le document réponse, on donne le chronogramme de l'intensité i . En complétant le tableau prévu à cet effet, indiquer le composant passant pour chacun des intervalles de temps délimités. Tracer les chronogrammes des intensités i_{T1} et i_{D1} .

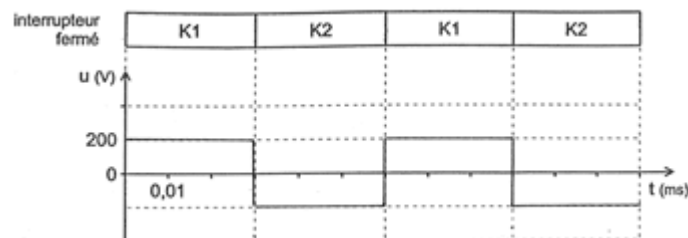
corrigé

Etude de la tension

Lorsque K_1 est fermé, K_2 ouvert, $u = E$

Lorsque K_1 est ouvert et K_2 fermé, $u = -E$

K_1 et K_2 sont fermés simultanément, les deux sources de tension E sont court-circuitées.



Graphiquement, $T = 0,06$ ms donc $f = 1/T = 1/0,06 \cdot 10^{-3} = \mathbf{16,7 \text{ kHz}}$.

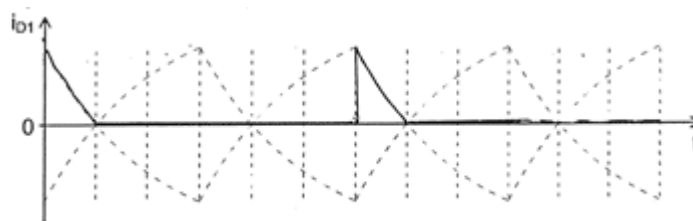
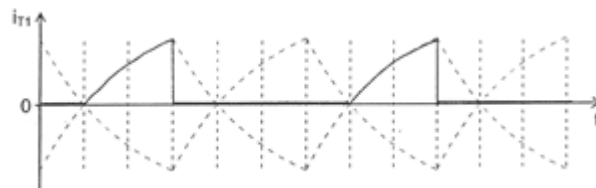
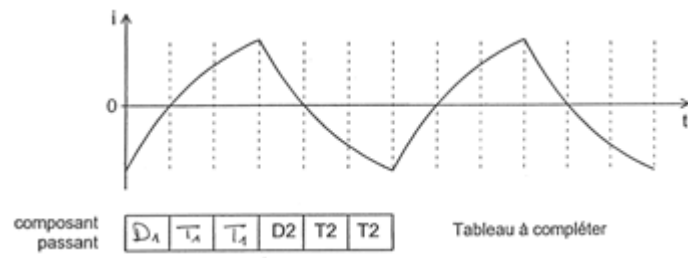
La valeur efficace de la tension u est $u = E = \mathbf{200 \text{ V}}$.

Etude des courants

On suppose que l'interrupteur K_1 est fermé.

Quand i est positive, c'est le transistor T_1 qui est passant.

Quand i est négative, c'est la diode D_1 qui est passante.



Lorsque T_1 conduit, $i_{T1} = i$ sinon $i_{T1} = 0$

Lorsque D_1 conduit, $i_{D1} = -i$ sinon $i_{D1} = 0$