

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Session 2008

## 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 11 pages. Les documents réponses pages 9/11, 10/11 et 11/11 sont à rendre avec la copie.

**Les parties A, B, C, D et E sont indépendantes.**

**Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements, entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies**

# ÉTUDE D'UNE INSTALLATION SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Une exploitation agricole isolée, non raccordée au réseau, produit l'énergie électrique dont elle a besoin à l'aide d'une installation solaire photovoltaïque. Le schéma de l'installation est représenté figure 1.

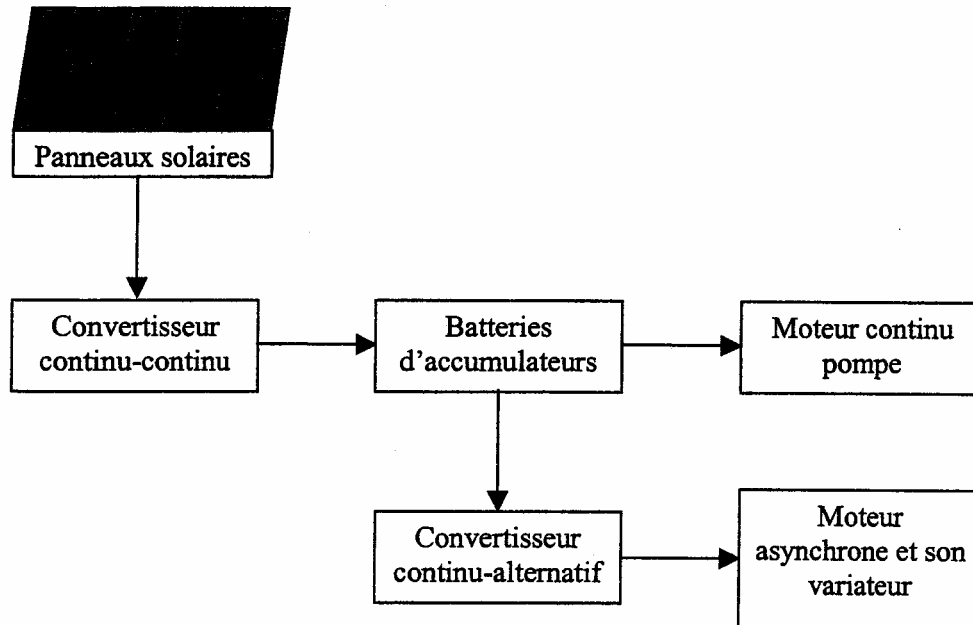


Figure 1

L'énergie électrique produite par les panneaux solaires peut être utilisée immédiatement, ou stockée dans des batteries d'accumulateurs, par l'intermédiaire d'un convertisseur continu-continu.

L'installation comporte une pompe, entraînée par un moteur à courant continu, permettant de fournir l'eau nécessaire à l'exploitation.

Un convertisseur continu-alternatif permet d'obtenir une tension alternative de valeur efficace 230V nécessaire pour l'alimentation d'un moteur asynchrone.

Les parties suivantes seront étudiées :

- Partie A : étude du convertisseur continu-continu.
- Partie B : étude du moteur à courant continu de la pompe.
- Partie C : étude du convertisseur continu-alternatif.
- Partie D : étude du moteur asynchrone.
- Partie E : étude des panneaux solaires.

## Partie A : Étude du convertisseur continu-continu

Pour charger les batteries d'accumulateurs on utilise un convertisseur continu-continu. Le schéma du dispositif est représenté sur la figure 2 page 9.

K est un interrupteur électronique, supposé parfait, commandé périodiquement. Sur une période  $T$  de fonctionnement, K est fermé de 0 à  $\alpha T$  et ouvert de  $\alpha T$  à  $T$ .

La résistance de la bobine est négligeable : on pourra donc considérer que la valeur moyenne  $\langle u_L \rangle$  de la tension aux bornes de la bobine est nulle.

On visualise, sur la voie 1 d'un oscilloscope, la tension  $u_C$  aux bornes de la charge en fonction du temps (figure 3 page 9). Sur la voie 2 on visualise l'image de l'intensité  $i_C$  du courant dans la charge à l'aide d'une sonde de courant de sensibilité 100 mV/A.

1. Quel autre nom peut-on donner à ce convertisseur continu-continu ?
2. Citer un composant pouvant être utilisé comme interrupteur électronique.
3. Préciser le rôle de la bobine dans ce montage.
4. Compléter la figure 2, page 9, en indiquant les branchements de l'oscilloscope permettant la visualisation de la tension  $u_C$  et de l'image de l'intensité  $i_C$ .
5. Déterminer la période et la fréquence de fonctionnement du convertisseur.
6. Quelle valeur prend  $u_C$  quand l'interrupteur K est fermé ? Quelle valeur prend  $u_C$  quand l'interrupteur K est ouvert ?  
En déduire la valeur de la tension  $U$  aux bornes des panneaux solaires.
7. Déterminer la valeur du rapport cyclique  $\alpha$  de la tension  $u_C$ .
8. Indiquer une méthode de mesure de la valeur moyenne  $\langle u_C \rangle$  de la tension  $u_C$ .  
Calculer  $\langle u_C \rangle$ .
9. Écrire la relation entre  $u_C$ ,  $u_L$  et la tension continue  $U_B$  aux bornes des batteries. En déduire la relation entre  $\langle u_C \rangle$  et  $U_B$  puis la valeur de  $U_B$ .
10. En s'appuyant sur les relevés de la figure 3 page 9, déterminer les valeurs minimale et maximale de l'intensité  $i_C$  du courant. Calculer sa valeur moyenne  $\langle i_C \rangle$ .
11. Représenter sur la figure 4, page 9, l'oscillogramme de l'image de l'intensité  $i_D$  du courant traversant la diode en concordance de temps avec celui de l'image de l'intensité  $i_C$  (on utilise la même sonde de courant, réglée sur le même calibre).

## Partie B : Étude du moteur à courant continu entraînant la pompe

La pompe fournissant l'eau nécessaire à l'exploitation agricole est entraînée par un moteur à courant continu à aimants permanents.

La plaque signalétique du moteur indique les données suivantes :

48 V 3000 tr/min 550 W

Les pertes mécaniques et magnétiques du moteur sont négligeables.

Les batteries d'accumulateurs délivrent une tension constante de valeur  $U_B = 48 \text{ V}$ .

Lors du fonctionnement de la pompe, on a mesuré l'intensité du courant dans le moteur :  $I = 13,7 \text{ A}$ .

1. Déterminer le moment  $T_u$  du couple utile du moteur.
2. Déterminer la puissance  $P_a$  absorbée par le moteur.
3. Déterminer le rendement  $\eta$  du moteur.
4. Déterminer les pertes par effet Joule dans l'induit du moteur et en déduire sa résistance  $R$ .
5. Représenter le schéma du modèle équivalent de Thévenin de l'induit du moteur. Flécher les différentes tension(s) et intensité(s) de courant(s). Écrire la relation entre les différentes tensions représentées sur ce schéma.
6. Déterminer la valeur de la force électromotrice  $E$  du moteur.
7. Montrer que la relation entre la force électromotrice  $E$  et la fréquence de rotation  $n$  peut s'écrire :  $E = k n$  où  $k$  est une constante.  
Calculer la valeur de  $k$  en précisant son unité.
8. Déterminer, en donnant les justifications nécessaires, l'intensité  $I_D$  du courant de démarrage du moteur sous la **tension nominale**. Comparer  $I_D$  à  $I$  (13,7 A).

## Partie C : Étude du convertisseur continu-alternatif

Afin de permettre l'utilisation d'appareils fonctionnant en alternatif, l'installation électrique comporte un convertisseur continu-alternatif.

Le schéma du dispositif est représenté sur la figure 5 ci-dessous.

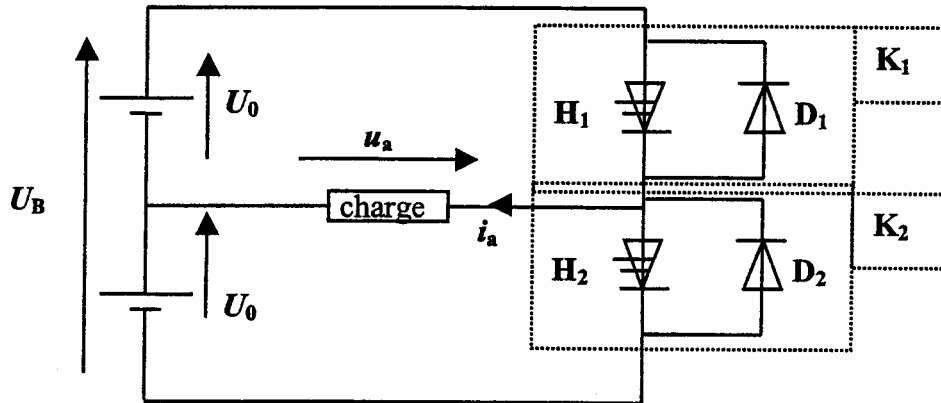


Figure 5

La tension totale  $U_B$  fournie par les batteries est constante et vaut 48 V.

$K_1$  et  $K_2$  sont des interrupteurs électroniques supposés parfaits commandés périodiquement. Chaque interrupteur électronique  $K_i$  est constitué d'un interrupteur commandé  $H_i$  et d'une diode  $D_i$  en antiparallèle afin de permettre la conduction dans les deux sens.

La charge est de nature inductive.

Les chronogrammes des grandeurs alternatives  $u_a$  et  $i_a$  sont représentés sur la figure 6 page 10.

La période  $T$  vaut 20 ms.

1. Quel autre nom peut-on donner à ce convertisseur continu-alternatif ?
2. Que se passerait-il si les interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$  étaient fermés simultanément ? Est-ce souhaitable ? Justifier la réponse.
3. Écrire l'expression de la puissance instantanée reçue par la charge.
4. Compléter le document réponse, figure 7 page 10, en indiquant pour les quatre intervalles de temps considérés :
  - l'interrupteur fermé ( $K_1$  ou  $K_2$ )
  - la valeur de la tension  $u_a$
  - l'élément passant ( $H_1$ ,  $H_2$ ,  $D_1$ ,  $D_2$ )
  - le signe de la puissance instantanée reçue par la charge
  - le comportement de la charge (récepteur ou générateur)
5. Avec quel type de voltmètre peut-on mesurer la valeur efficace de la tension  $u_a$  ? Donner la valeur efficace et la fréquence de cette tension  $u_a$ .

## Partie D : Étude du moteur asynchrone

L'une des machines de l'exploitation agricole utilise un moteur asynchrone triphasé.

Le variateur de vitesse associé au moteur permet de l'alimenter en triphasé avec une fréquence  $f$  réglable.

Le fonctionnement est dit à  $U/f$  constant.

La plaque signalétique du moteur comporte les indications suivantes :

230 V / 400 V

50 Hz

5,54 A / 3,20 A

1430 tr/min

1500W

$f_p$  (facteur de puissance) = 0,84

1. Pour  $f = 50$  Hz, la valeur efficace de la tension entre phases du variateur vaut 230 V. Déterminer, en le justifiant, le couplage du moteur.

2. Étude du moteur, alimenté sous 50 Hz, au point de fonctionnement nominal.

2.1. Déterminer le nombre  $p$  de pôles du moteur et la fréquence de synchronisme  $n_s$ .

2.2. Déterminer le glissement  $g$  du moteur.

2.3. Déterminer la puissance  $P_a$  absorbée.

2.4. Déterminer le rendement  $\eta$  du moteur.

2.5. Déterminer le moment  $T_u$  du couple utile nominal du moteur.

2.6. Proposer un schéma de montage permettant de mesurer la puissance reçue par le moteur et préciser, le cas échéant, les calculs complémentaires à effectuer.

3. Pour  $f = 50$  Hz, tracer, sur la figure 8 page 11, la partie utile de la caractéristique  $T_u(n)$ , en considérant qu'il s'agit d'un segment de droite.

4. Étude du fonctionnement à fréquence réglable.

Le moteur étant alimenté à  $U/f$  constant, lorsque l'on fait varier la fréquence  $f$ , les parties utiles des caractéristiques  $T_u(n)$  sont des segments de droite parallèles.

La charge entraînée par le moteur présente un couple résistant de moment  $T_r$  constant de valeur 10 N.m.

4.1. Tracer la caractéristique  $T_r(n)$  sur la figure 8.

4.2. Pour une fréquence réglée à 30 Hz, calculer la fréquence de synchronisme du moteur.

4.3. Tracer la caractéristique  $T_u(n)$ , sur la figure 8, et déterminer la fréquence de rotation du groupe moteur-charge.

4.4. Pour que le moteur démarre en entraînant la charge, comparer  $T_u$  et  $T_r$  lors du démarrage.

4.5. Déterminer la fréquence minimale de la tension d'alimentation permettant le démarrage du groupe moteur-charge. En déduire la valeur efficace de la tension de démarrage.

## Partie E : Étude des panneaux solaires

Aucune connaissance préalable sur les panneaux solaires n'est nécessaire.

Un panneau solaire photovoltaïque produit de l'énergie électrique à partir de l'énergie lumineuse reçue. Il peut être considéré comme un générateur continu.

Les caractéristiques courant-tension d'un panneau solaire, pour deux ensoleillements différents, sont représentées sur la figure 9 ci-dessous.

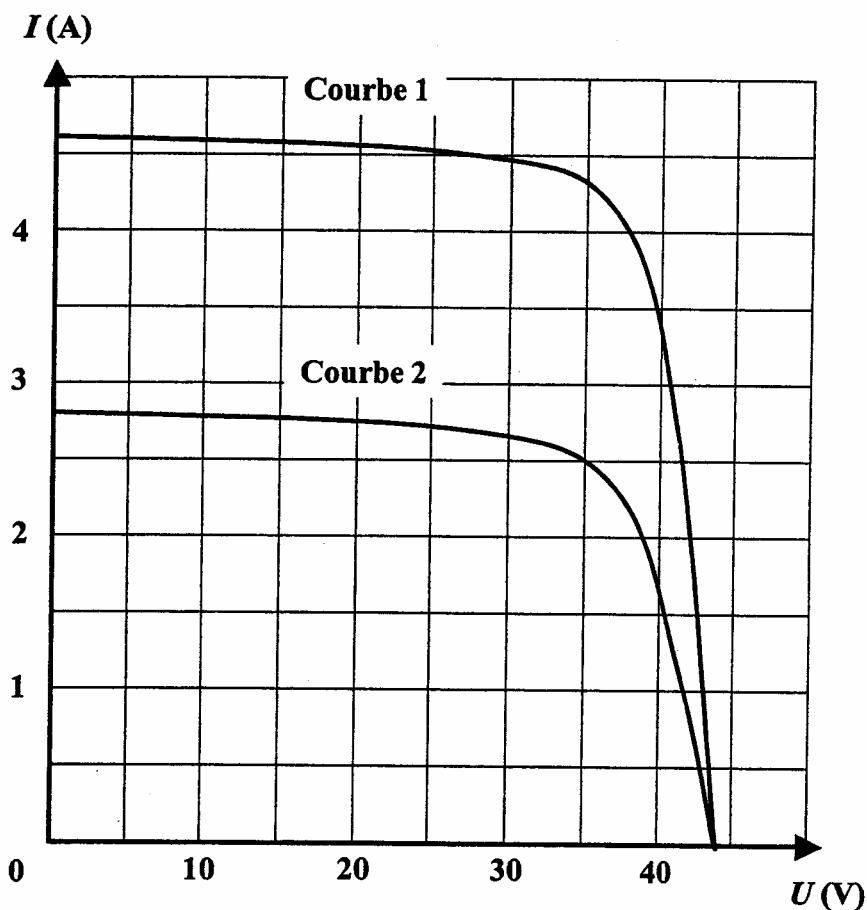


Figure 9

1. Étude dans le cas d'un ensoleillement optimal : la caractéristique courant-tension correspond à la courbe 1.

1.1. Déterminer la valeur de la tension à vide d'un panneau solaire.

1.2. Déterminer l'intensité du courant de court-circuit.

1.3. Déterminer la puissance électrique fournie par le panneau pour une tension de fonctionnement égale à 35 V.

1.4. En déduire l'énergie électrique produite en 10 heures d'ensoleillement.

2. Étude dans le cas d'un ensoleillement plus faible : la caractéristique courant-tension correspond à la courbe 2.

Déterminer la puissance électrique fournie par un panneau pour une tension de fonctionnement égale à 35 V.

3. Pour disposer d'une puissance suffisante pour alimenter l'exploitation agricole, il faut associer plusieurs panneaux.

3.1. Quel est l'intérêt d'une association en série ?

3.2. Quel est l'intérêt d'une association en parallèle ?

4. La puissance maximale délivrée par chaque panneau vaut 150 W.

L'installation doit pouvoir fournir une puissance maximale égale à 2100 W.

4.1. Combien de panneaux faut-il utiliser ?

4.2. La tension de fonctionnement nominal d'un panneau à puissance maximale est égale à 35 V. L'installation doit délivrer une tension de 70 V. Comment les panneaux doivent ils être associés ? (pour répondre, un schéma peut suffire)

4.3. Déterminer l'intensité du courant débité par l'installation lors d'un fonctionnement à puissance maximale.

# DOCUMENT RÉPONSE 1

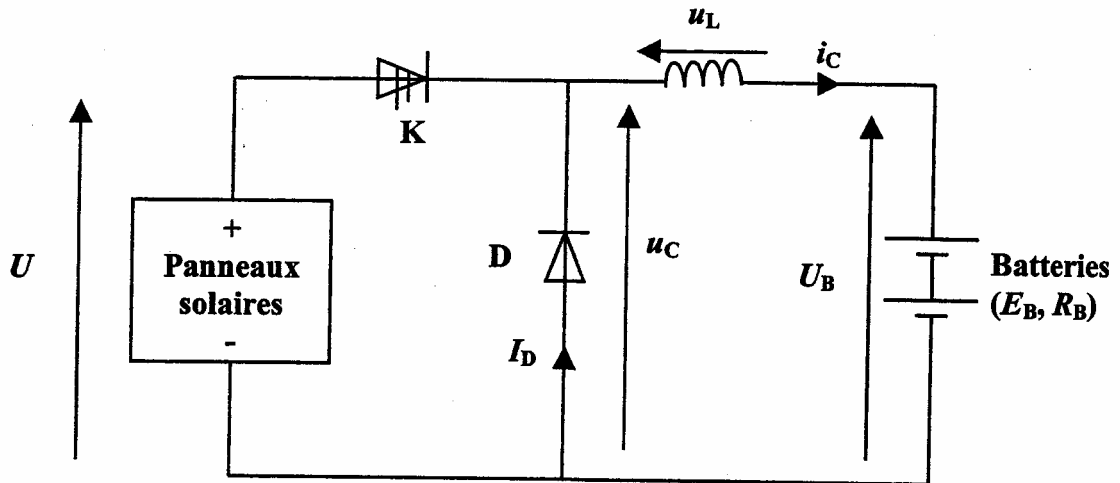
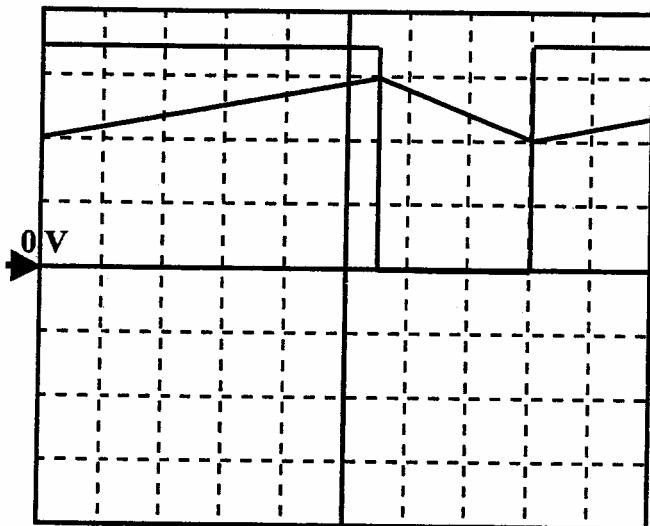
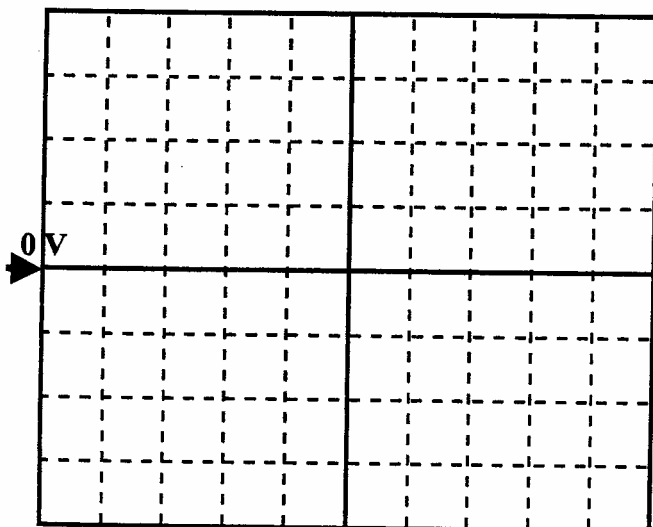


Figure 2



**Calibres :**  
 voie 1 : 20 V/Div  
 voie 2 : 0,5 V/Div  
  
**Base de temps :**  
 5  $\mu$ s/Div

Figure 3



**Calibre :**  
 voie 2 : 0,5 V/Div  
  
**Base de temps :**  
 5  $\mu$ s/Div

Figure 4

## DOCUMENT RÉPONSE 2

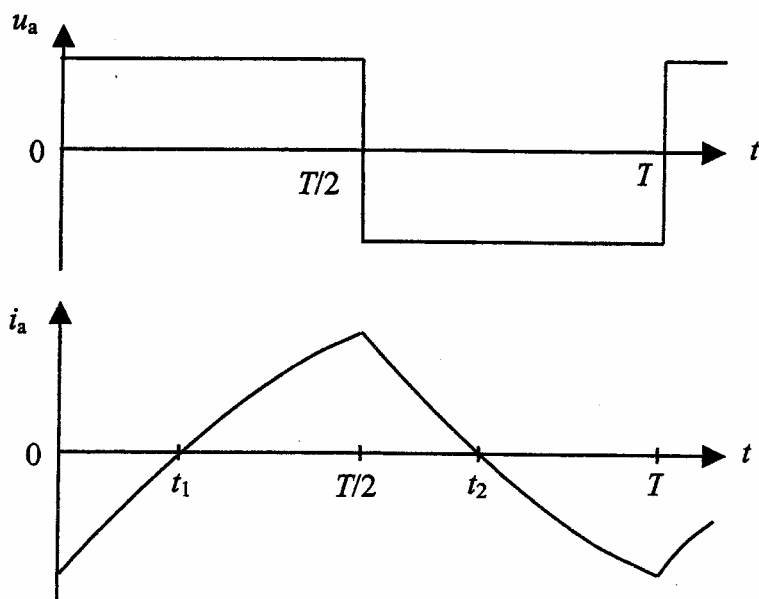


Figure 6

	0	$t_1$	$T/2$	$t_2$	T
Interrupteur fermé					
Valeur de $u_a$					
Élément passant					
Signe de $p$					
Comportement de la charge					

Figure 7

# DOCUMENT RÉPONSE 3

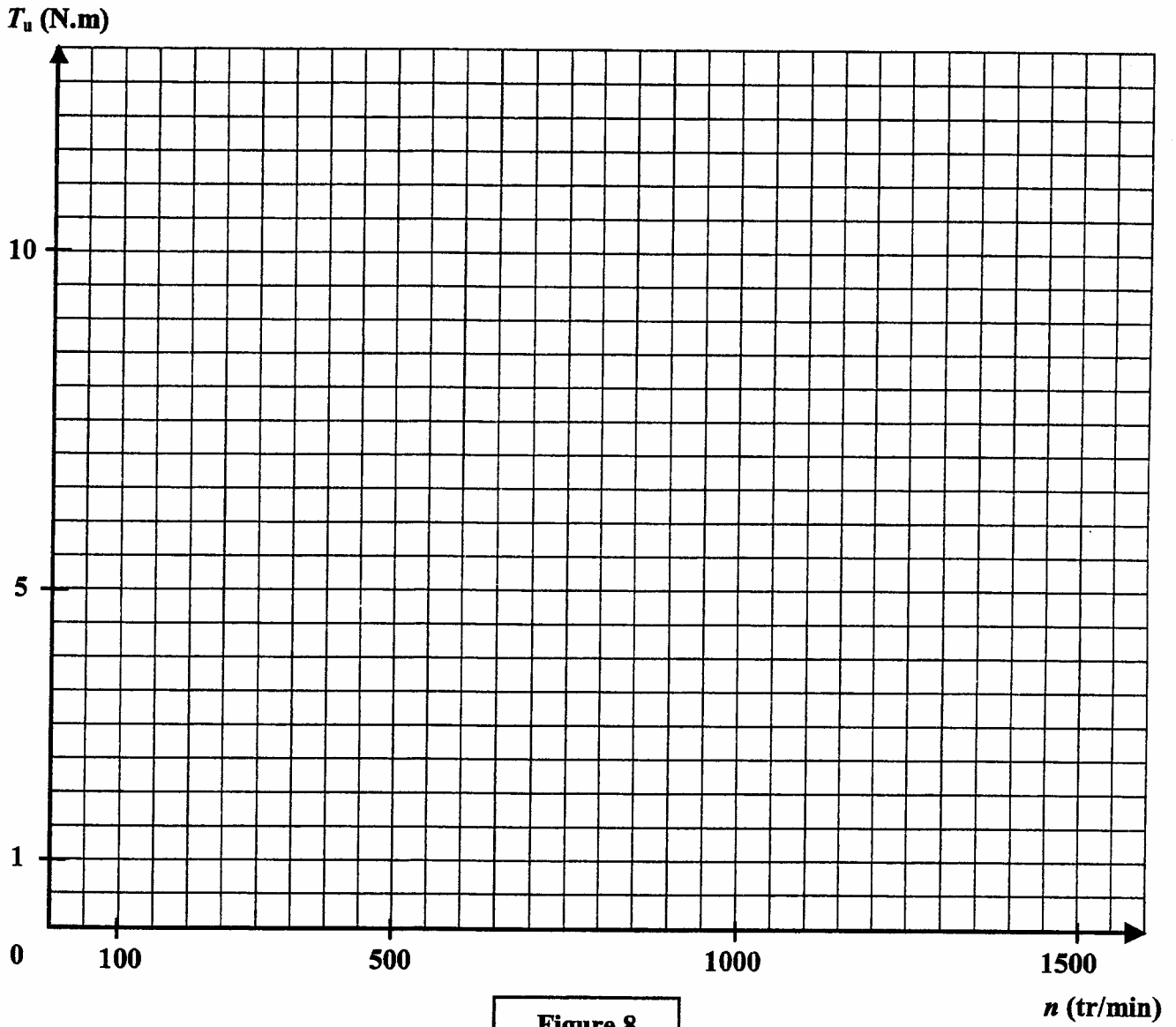


Figure 8