

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
MÉCANIQUE ET AUTOMATISMES
INDUSTRIELS

ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures

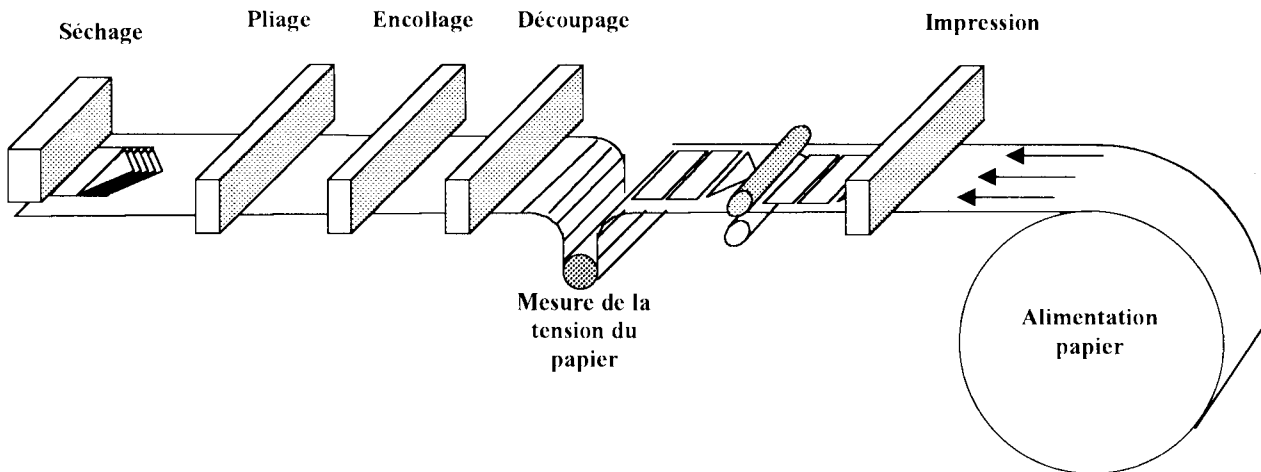
Coefficient : 2

L'usage de la calculatrice est autorisé.

**IMPORTANT : Ce sujet comporte 8 pages numérotées de 1 à 8 + la page de présentation.
Assurez-vous qu'il est complet. S'il est incomplet, veuillez le signaler au surveillant de la
salle qui vous en remettra un autre exemplaire.**

Il est rappelé que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée.

L'étude porte sur une machine de fabrication d'enveloppes. La cadence de celle-ci peut atteindre 1500 enveloppes à la minute. Le schéma de principe est donné ci-dessous :



Le papier provenant d'un rouleau subit différentes opérations : Impression, découpage de l'enveloppe, encollage des bords, pliage puis séchage.

Les différents paragraphes sont indépendants et peuvent être résolus séparément.

1- Etude du moteur d'entraînement des différents cylindres

L'arbre d'entraînement de l'ensemble est actionné par un moteur asynchrone triphasé alimenté par l'intermédiaire d'un variateur de vitesse. La vitesse et la position du rotor sont obtenues par un codeur (figure 1).

Les caractéristiques du moteur alimenté par un réseau 400 V, 50 Hz sont les suivantes :

- ❖ Fréquence de rotation nominale : 2950 tr/min,
- ❖ Puissance utile nominale : 30 kW,
- ❖ Valeur efficace du courant nominal en ligne : 52 A,
- ❖ Facteur de puissance nominal : $\cos \varphi = 0,90$.

Pour le fonctionnement nominal, déterminer :

- 1-1) le glissement g ;
- 1-2) la puissance absorbée P_{abs} ;
- 1-3) le rendement η et les pertes du moteur P_0 ;
- 1-4) le moment du couple utile T_u .

2- Le variateur de vitesse

Le variateur de vitesse utilise un montage onduleur qui permet d'alimenter le moteur.

L'étude porte sur le fonctionnement d'un bras d'onduleur ou onduleur en demi-pont. Le schéma est donné figure 2. La figure 3 donne le graphe de la tension u_c et de l'intensité du courant i_c dans la charge.

2.1 Fonctionnement de l'onduleur

Déterminer :

2-1-a \Rightarrow la fréquence f de l'onduleur

2-1-b \Rightarrow la valeur efficace U_c de la tension instantanée u_c .

On distingue 4 séquences de conduction au cours d'une période de fonctionnement repérées de 1 à 4 au bas de la figure 3.

2-1-c Hachurer sur le document réponse page 5 les intervalles de temps pendant lesquelles les éléments D_1 , T_1 , D_2 et T_2 sont passants.

2-1-d Compléter le tableau page 5 en précisant si la charge reçoit ou fournit de l'énergie.

2.2 Spectre de la tension u

La figure 4 donne le spectre en fréquence de la tension u_c .

2-2-a Déterminer la fréquence du fondamental de la tension.

2-2-b Déterminer la fréquence des différents harmoniques observables sur ce spectre.

2-2-c Quelle est la particularité de ces différentes fréquences ?

3- Mesure de la tension du papier

La bande de papier doit être entraînée tout en conservant une tension constante. Cette grandeur est obtenue en mesurant la force exercée par le papier sur un cylindre en rotation. Quatre jauges de contrainte ou d'extensiométrie se déforment sous l'action de cette force. Ces capteurs dont la résistance est notée respectivement R_1 , R_2 , R_3 et R_4 sont placés dans le schéma électrique de la **figure 5**.

L'impédance d'entrée de l'amplificateur est suffisamment élevée pour que l'on puisse négliger les courants i_c et i'_c .

3.1 Le pont de résistance est équilibré

Lorsque aucun effort n'est exercé sur les jauges d'extensiométrie, la résistance de celles-ci est de 150Ω donc $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_0 = 150 \Omega$.

Dans ce cas, calculer :

3-1-a v_{R_2} et v_{R_4} ;

3-1-b En déduire la tension e .

3.2 Mesure d'une force

Lorsqu'un effort est exercé, la résistance des jauges varie proportionnellement avec la force : $\Delta R = k.F$ avec $k = 30.10^{-3} \Omega.N^{-1}$.

Les résistances deviennent : $R_1 = R_4 = R_0 - \Delta R$ et $R_2 = R_3 = R_0 + \Delta R$.

- 3-2-a Déterminer l'expression de la tension v_{R2} en fonction de R_1 , R_2 et E puis en fonction de R_0 et ΔR .
- 3-2-b Déterminer l'expression de la tension v_{R4} en fonction de R_3 , R_4 et E puis en fonction de R_0 et ΔR .
- 3-2-c Montrer que la tension e est donnée par l'expression : $e = \frac{\Delta R}{R_0} E$.
- 3-2-d Calculer la tension e pour une force F de 20 N.

3.3 Capteur de force

L'amplificateur permet d'adapter la tension pour la rendre utilisable par l'amplificateur linéaire intégré. On obtient un appareil de mesure dont la fonction de transfert liant la tension de sortie v_F à la force (en N) est tracée figure 6.

- 3-3-a Déterminer la sensibilité s , en précisant l'unité, de l'appareil de mesure sachant que $s = \left| \frac{d v_F}{d F} \right|$.
- 3-3-b Pour une force de 20 N, on a mesuré une tension e de 20 mV. Déterminer l'amplification A de l'amplificateur sachant que $A = \frac{v_F}{e}$.

4- Asservissement de vitesse de la machine

La figure 7 représente de façon simplifiée (en schéma-bloc), la structure de l'asservissement de vitesse.

La consigne de vitesse est une tension v_C comprise entre 0 et 10 V. Le montage permet d'obtenir, en régime permanent, une relation linéaire entre la fréquence de rotation et la consigne de vitesse :

- \Rightarrow Lorsque v_C est nulle alors le moteur est à l'arrêt $n = 0$.
- \Rightarrow Lorsque $v_C = 10$ V alors $n = 2000$ tr/min.

4.1 Le schéma-bloc

- 4-1-a Le schéma de la figure 7 fait apparaître un sommateur algébrique, déterminer la relation liant v_C , u_R et u_e .
- 4-1-b Le correcteur de vitesse est de type P.I.D. Indiquer l'action correspondant aux 3 termes P, I et D.

4.2 Réponse indicielle

La tension de consigne augmente brutalement, elle passe de 0 à 5 Volts. La fréquence de rotation initialement nulle atteint 1000 tr/min en évoluant suivant la courbe donnée figure 8.

Déterminer graphiquement sur la figure 8 le temps de réponse à 5 %, noté $t_{r5\%}$, du système, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que la fréquence de rotation atteigne 95 % de sa valeur finale.

Figure 1 : étude du moteur d'entraînement (§1).

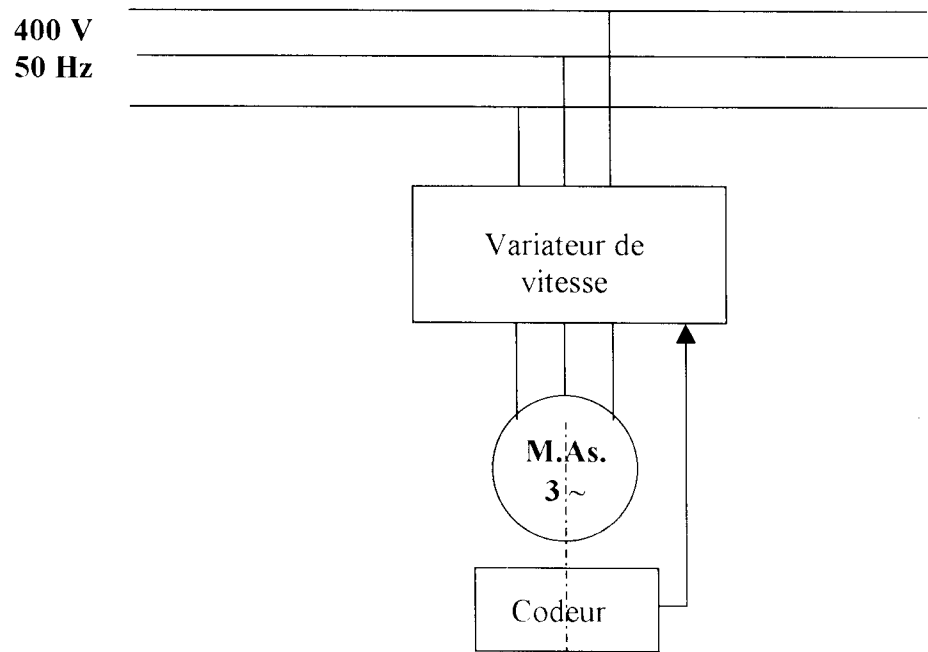
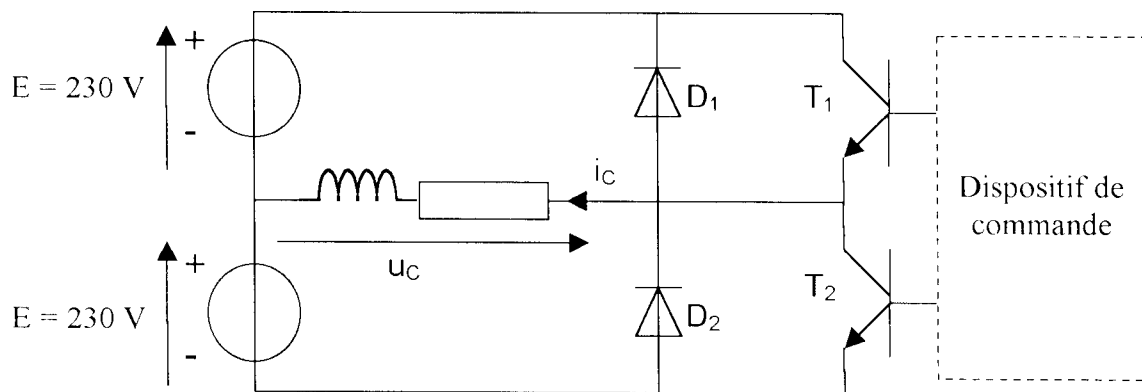


Figure 2 : schéma de l'onduleur (§2)



Examen ou concours :

Série* :

Spécialité/option :

Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numerotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

Note :

20

Appréciation du correcteur (uniquement s'il s'agit d'un examen) :

DOCUMENT REPONSE A REMETTRE AVEC LA COPIE

Figure 3 : graphes de u_c et i_c en fonction du temps.

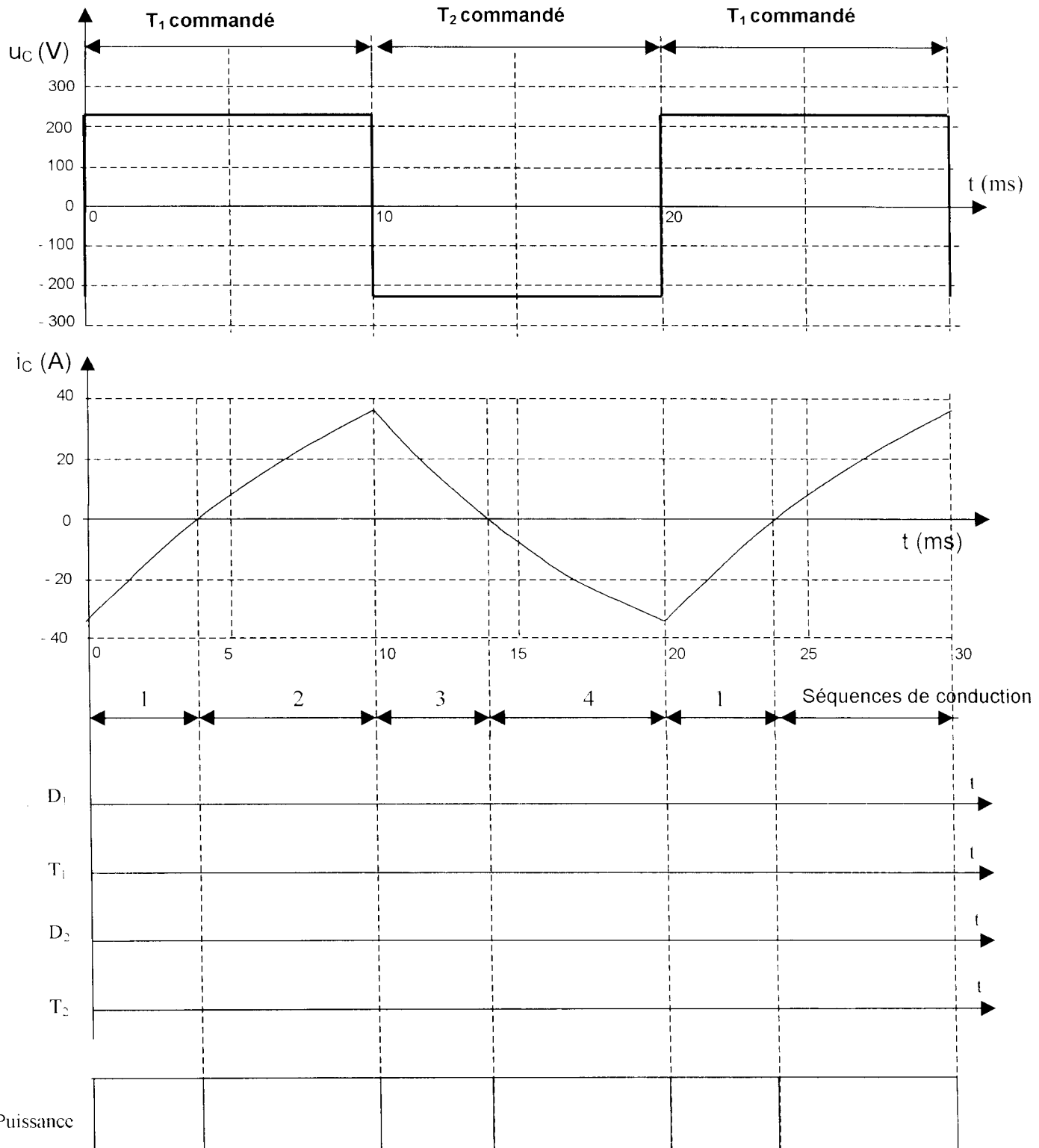


Figure 4 : spectre de la tension u_C .

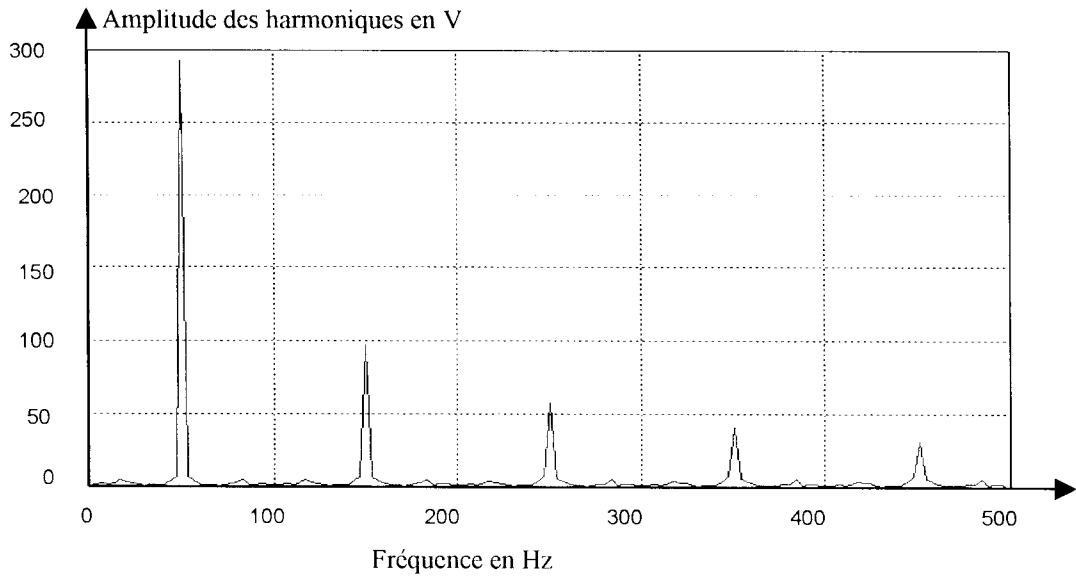


Figure 5 : mesure de la tension du papier (§3). Schéma du montage:

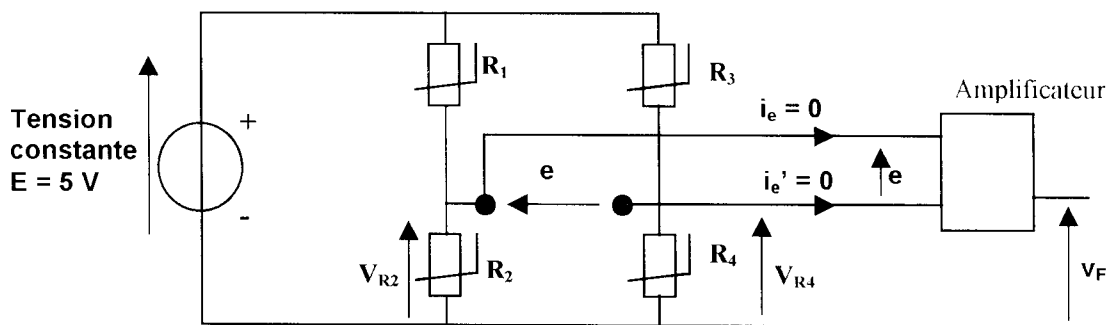


Figure 6 : mesure de la tension du papier . Fonction de transfert (§3.3) :

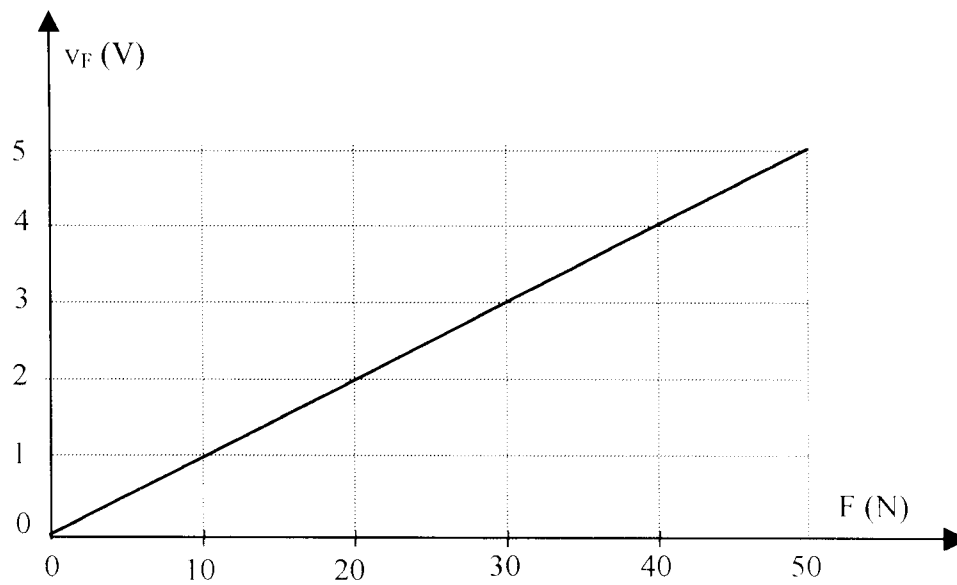


Figure 7 : Structure simplifiée de l'asservissement de vitesse (§4).

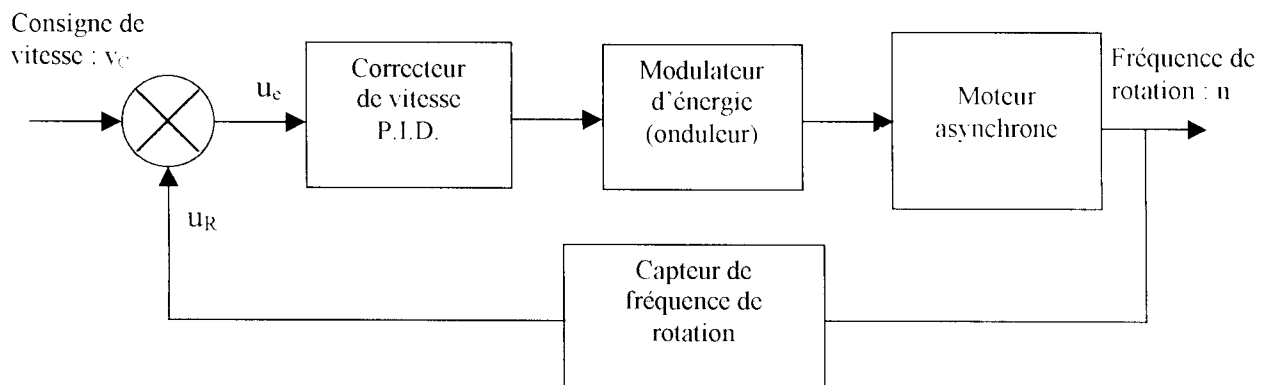


Figure 8 : réponse indicielle (§ 4.2).

