Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

ATI2009

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
ASSISTANCE TECHNIQUE D'INGÉNIEUR
MATHEMATIQUES ET SCIENCES PHYSIQUES

EPREUVE E3 UNITÉ U32

SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

A l'exclusion de tout autre matériel, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n°99 -186 du 16 novembre 1999.

Documents à rendre avec la copie :

- DOCUMENT-REPONSE 1 page 7/8
- DOCUMENT-REPONSE 2 page 8/8.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 8 pages numérotées de 1/8 à 8/8.

Code : ATPHY

CRDP Aquitaine

ÉTUDE D'UN VÉLO A ASSISTANCE ÉLECTRIQUE (V.A.E.)

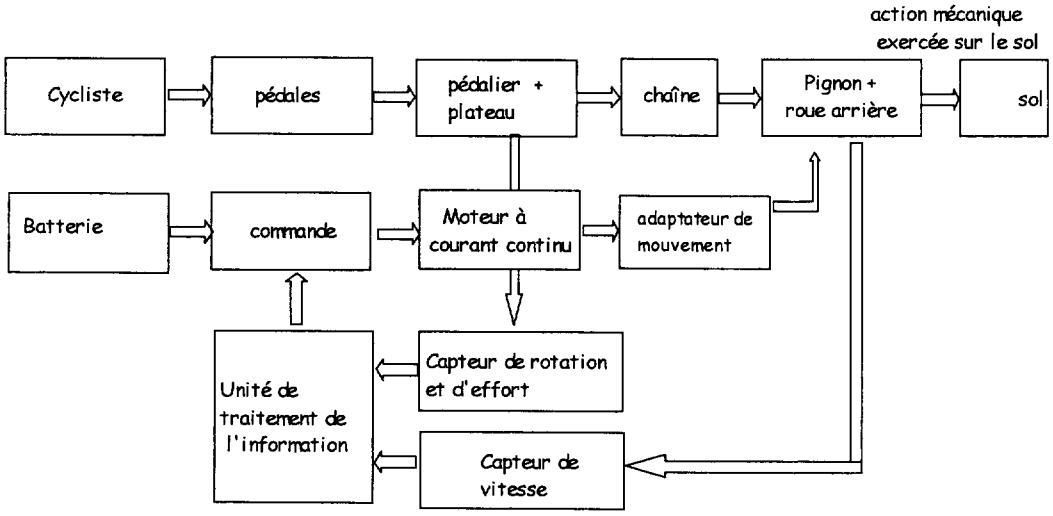


Le concept du vélo électrique repose sur les principes suivants :

* Le moteur du vélo n'est là que pour aider le cycliste à pédaler. Il n'y a pas de poignée d'accélération qui permette au vélo d'avancer tout seul.
* Le moteur s'arrête si le cycliste arrête de pédaler ou si la vitesse du vélo atteint 25 $km.h^{-1}$.
* Le moteur s'arrête lorsque l'on actionne l'un des freins.
* Le moteur a une puissance nominale maximale de 250 W.
* Un réglage d'assistance est possible (0 %, 50% , 100%)

Remarque : L'aide au pédalage est fonction de l'effort du cycliste tant que la vitesse maximale n'est pas atteinte.

Le schéma synoptique complet du vélo est représenté ci-dessous.



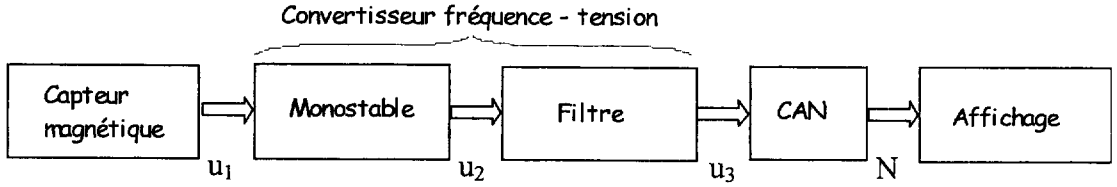
On se propose d'étudier : la mesure de la vitesse, le moteur et sa commande.

CRDP Aquitaine

Préambule : les données du texte sont connues implicitement avec 3 chiffres significatifs au moins. Les résultats seront donnés avec 3 chiffres significatifs au plus.

I. MESURE DE LA VITESSE ET AFFICHAGE.

Soit le schéma synoptique ci-dessous.



1.1. Capteur magnétique de vitesse.

Un aimant est placé sur un rayon et le capteur magnétique transmet une impulsion à chaque tour de roue (voir le document réponse 1 page 7/8). Le diamètre de la roue est de 0,66 m.

1.1.1. Exprimer la fréquence de rotation de la roue n_R (tr/s) en fonction de la fréquence f_R des impulsions et de la période T_R de la rotation de la roue.

1.1.2. Vérifier que l'expression de la vitesse du vélo v (km.h^{-1}) en fonction de n_R (tr.s^{-1}) est : $v = 7{,}46.n_R$.

1.2 Monostable.

Le monostable fournit une tension de 10 V pendant 100 ms à chaque front montant des impulsions envoyées par le capteur magnétique.

1.2.1. On impose T_R= 0,5 s. Tracer u_2 (t) sur le document réponse 1 page 7/8. Calculer $\langle u_2 \rangle$.

1.2.2. Quand la vitesse du vélo varie, T_R varie,

a) Montrer que la valeur moyenne de u_2 s'exprime en fonction de n_R par la relation $\langle u_2 \rangle = k.n_R$ avec k = 1 V.tr^{-1}.s.

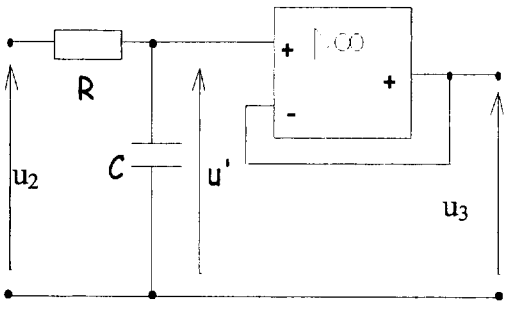
b) Déterminer alors la vitesse maximale v_{max} mesurable (km.h^{-1}).

1.2.3. La décomposition en série de Fourier de $u_2(t)$ est : $u_2(t) = U_0 + u_A(t) + u_B(t) + u_C(t) + \ldots$
avec $u_A(t) = U_{maxA} \sin(\omega_R.t + \varphi_1)$, $u_B(t) = U_{maxB}.\sin(2.\omega_R.t + \varphi_2)$ et $u_C(t) = U_{maxC} \sin(3.\omega_R.t + \varphi_3)$

Que représentent les différents termes U_0, $u_A(t)$, $u_B(t)$, $u_C(t)$ de cette série ?

1.3. Filtre.

Il est constitué d'un circuit R.C et d'un amplificateur de différence intégré, ou ADI, appelé aussi amplificateur opérationnel (figure ci- contre).
On étudie son fonctionnement en régime alternatif sinusoïdal de fréquence variable f.



1.3.1. Montrer que l'ADI est en fonctionnement linéaire. Donner la relation entre u_3 et u'.
Préciser le rôle de l'ADI.

1.3.2. Déterminer l'expression de la fonction de transfert complexe du filtre $\underline{T} = \dfrac{\underline{U_3}}{\underline{U_2}}$ en

CRDP Aquitaine

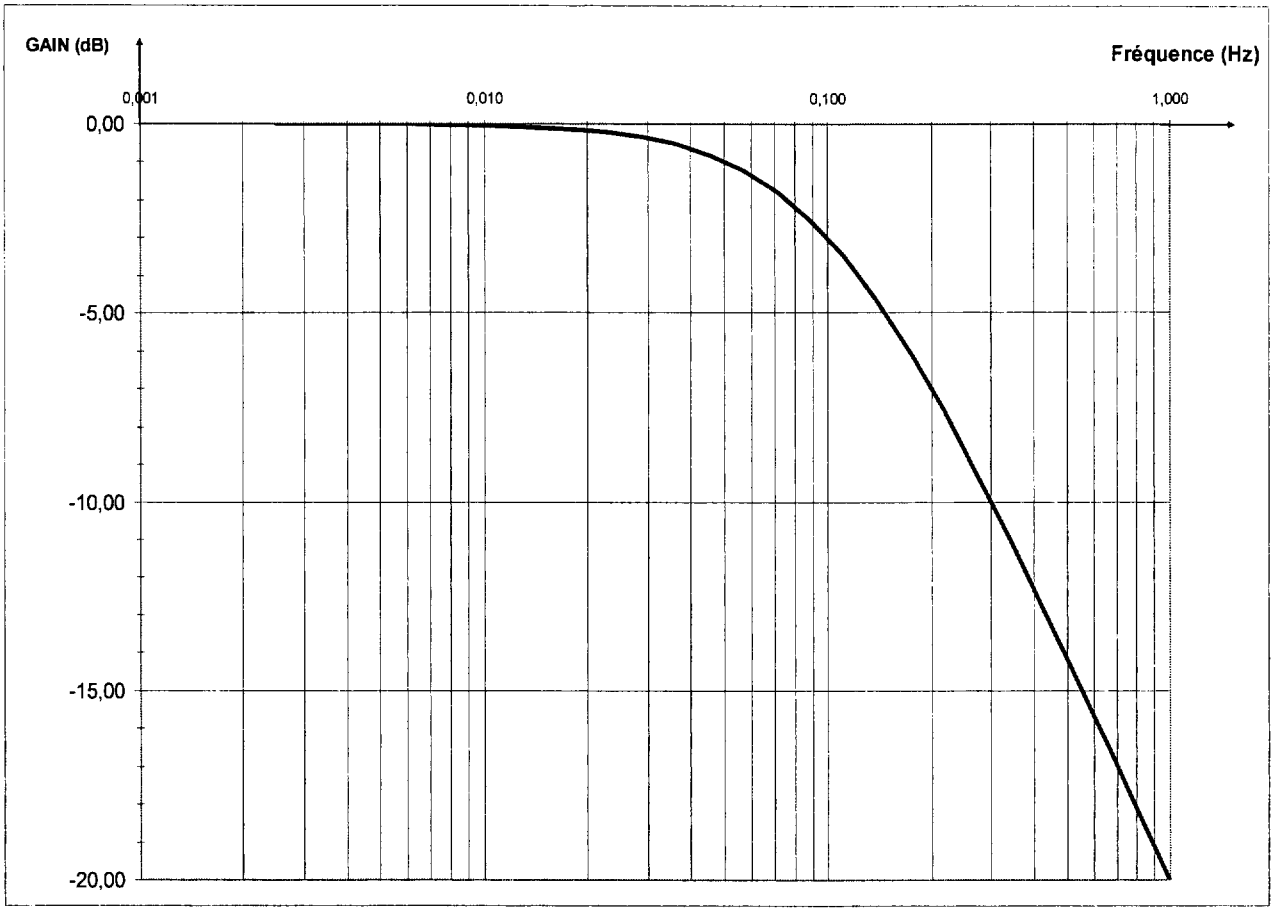
fonction de R, C et de la pulsation ω.

1.3.3. On donne ci-dessous la réponse en fréquence du filtre.

a) Rappeler l'expression du gain G en fonction de T.

b) Définir la bande passante d'un filtre.

c) En exploitant la courbe, déterminer T_{max} et la fréquence de coupure f_h, puis justifier le type de filtre.



1.3.4. Que peut on dire de u_3 si on suppose que le filtre ne laisse pas passer les harmoniques de fréquences supérieures à f_h ?

1.4. Convertisseur Analogique Numérique et Affichage

Compte tenu des éléments qui précèdent, la tension u_3 est liée à la vitesse v par la relation suivante :

$$u_3 = 0{,}134.v \quad \text{avec } u_3 \text{ en V et v en km.h}^{-1}.$$

On note N la valeur décimale du mot numérique codé en binaire naturel.

1.4.1. On considère que l'afficheur indique la valeur de N sur 3 digits tel que le montre l'exemple suivant : pour v = 21,5 km.h^{-1}, la valeur affichée est 215.
Donner la relation entre N et u_3.

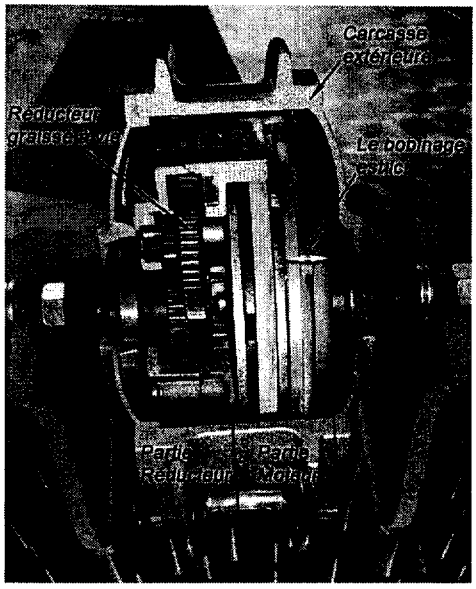
1.4.2. En déduire le quantum du CAN.

1.4.3. Déterminer le nombre minimal de bits du CAN pour afficher au maximum 746.

II. ETUDE DU MOTEUR ET DE SA COMMANDE.

CRDP Aquitaine

2.1 Etude du moteur:



Il est placé en prise directe dans le moyeu de la roue avant ou arrière, il transmet le couple et la puissance. Tous les moteurs électriques sont des moteurs de dernière génération d'une puissance nominale (réglementée) de 250 watts (beaucoup plus en puissance de pointe). Chaque moteur est associé à un réducteur de rapport 1/15 qui augmente le couple considérablement. Le moteur est monté sur une **roue libre**, donc, si vous roulez sans assistance, vous n'aurez pas de frein moteur à compenser lors du pédalage.
Il est assimilé à un moteur à courant continu à aimant permanent. On ne tiendra compte que des pertes par effet Joule du moteur.

Les données du constructeur sont les suivantes :
Tension nominale d'induit : U_N = 36 V ; intensité nominale d'induit : I_N = 8,2 A ;
Résistance d'induit : r= 0,66 Ω ; vitesse de rotation nominale du moteur : n_N= 3000 tr.min^{-1}.

On rappelle les deux relations suivantes :
$P_{EM} = T_{EM}. \Omega_M = E.I$
et
$E= K.\Phi. \Omega_M$

P_{EM} est la puissance électromagnétique
T_{EM} est le moment du couple électromagnétique du moteur (N.m).
Ω_M est la vitesse angulaire du moteur (rad.s^{-1}).
E est la force électromotrice (V).
I est l'intensité du courant dans l'induit (A).
Φ est le flux magnétique sous un pôle (Wb).

2.1.1. Donner le schéma équivalent de l'induit du moteur fonctionnant en régime permanent, puis en déduire la relation entre U, E et I. Calculer la force électromotrice E pour le fonctionnement nominal.

2.1.2. Calculer la puissance absorbée P_a par le moteur pour le régime nominal.

2.1.3. Montrer que l'on peut écrire $E = k.\Omega_M$. En déduire que : k = 0,0974 V.rad^{-1}.s.

2.1.4. Montrer que $T_{EM} = k.I$. En déduire que $T_{uM} = 0,0974.I$ où T_{uM} est le moment du couple utile sur l'arbre moteur. Calculer T_{uM} pour le fonctionnement nominal.

2.1.5. Calculer la puissance utile du moteur (P_u), en déduire le rendement du moteur.

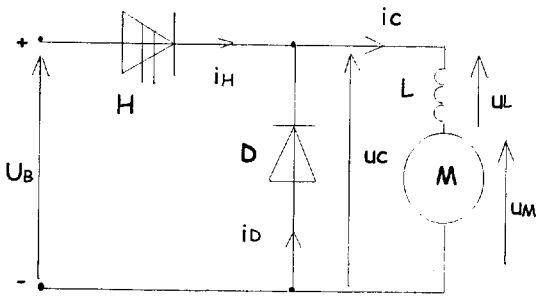
2.1.6. On admet qu'il ya conservation de la puissance mécanique. Calculer la vitesse angulaire de rotation de la roue Ω_R (après réducteur) pour le fonctionnement nominal du moteur et le moment du couple transmis à la roue T_R. Conclure.

2.2.Étude de l'alimentation du moteur.

C.R.D.P.
75, cours Alsace et Lorraine
33075 BORDEAUX CEDEX
Tél. : 05 56 01 56 70

CRDP Aquitaine

L'alimentation de l'induit du moteur est assurée par un accumulateur composé de trois batteries de 12V mises en série (soit U_B = 36 V) et d'un hacheur série (figure ci-contre).
Le hacheur est fermé périodiquement de 0 à αT et ouvert de αT à T.
Le courant du moteur est parfaitement lissé par l'inductance L : $\langle i_c \rangle = I_N$ = 8,2 A.



2.2.1. Citer 2 composants électroniques utilisables comme interrupteur commandé (H) ?

2.2.2. Donner le schéma électrique équivalent du montage lorsque H est passant, puis lorsqu'il est bloqué, sur le document réponse 1 page 7/8.

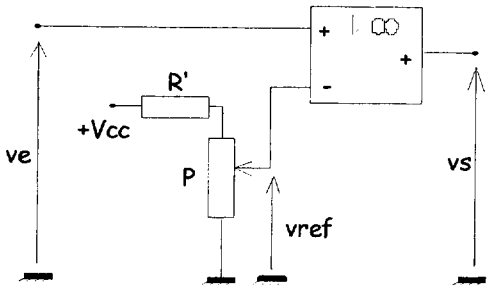
2.2.3. Quel est le rôle de la diode D ?

2.2.4. Le rapport cyclique α vaut 0,6. Tracer $u_c(t)$ sur le document réponse 1 page 7/8 et calculer $\langle u_c \rangle = \alpha\, U_B$.

2.2.5. Écrire la relation entre u_c, u_L et u_M, puis entre $\langle u_M \rangle$, U_B et α.

2.3. Étude de la commande du hacheur.

Soit le montage ci-contre où l'amplificateur différentiel intégré est parfait et de tensions de saturation V_{sat} = ±12V. Le potentiomètre P (de valeur maximale 10 kΩ) permet d'obtenir une tension V_{ref} continue réglable à partir de la tension continue V_{cc}=15V. La tension v_e est triangulaire d'amplitude 4V (voir le document réponse 2 page 8/8).



2.3.1. Montrer que le régime de fonctionnement de l'ADI est non linéaire. Préciser les valeurs de v_s.

2.3.2. V_{ref}= 1,6V. Tracer V_{ref} avec $v_e(t)$ et en déduire $v_s(t)$ (document réponse 2 page 8/8). Déterminer la valeur du rapport cyclique α de v_s.

2.3.3. Quelles sont les valeurs extrêmes de V_{ref} pour faire varier α de 0 à 1 ?

III. FONCTIONNEMENT DU VELO

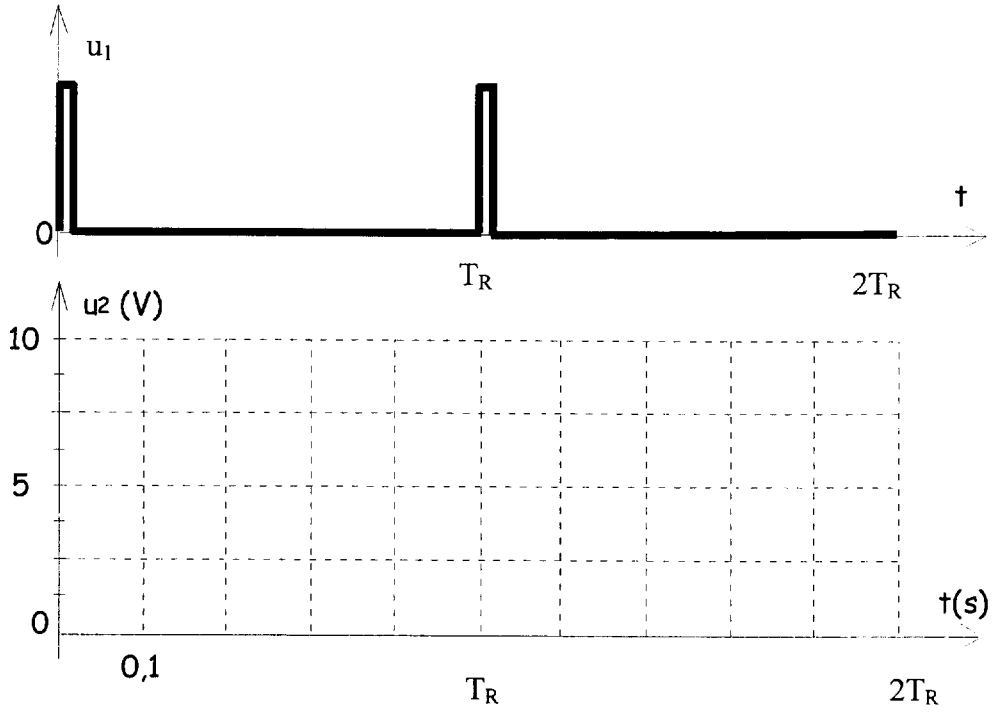
On utilise le vélo sur une pente ascendante constante. Le cycliste a la possibilité de demander au moteur de participer plus ou moins à cet effort. On va étudier le cas où le moteur fournit environ 50% de sa puissance nominale. La puissance du cycliste est supposée constante et égale à 100W.
On admet que le moment du couple utile du moteur est constant et vaut T_u = 0,8 N.m.
L'intensité du courant du moteur est constante et vaut I= 8,2 A.

Compléter le tableau du document réponse 2 page 8/8.

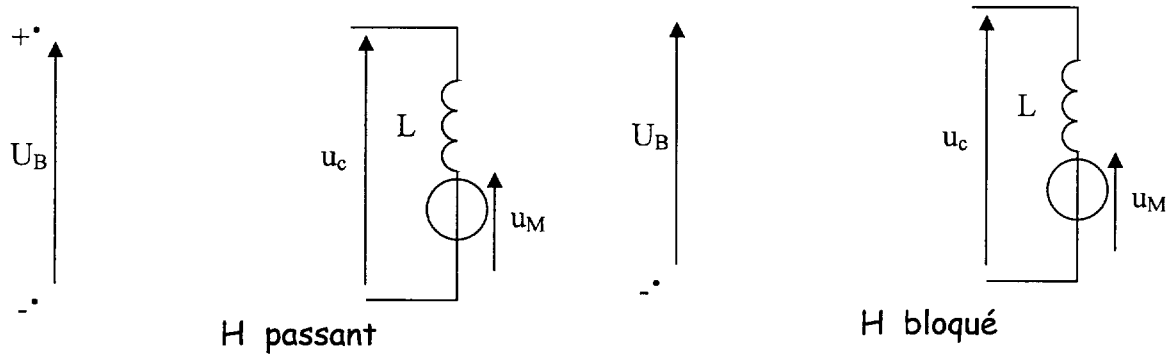
CRDP Aquitaine

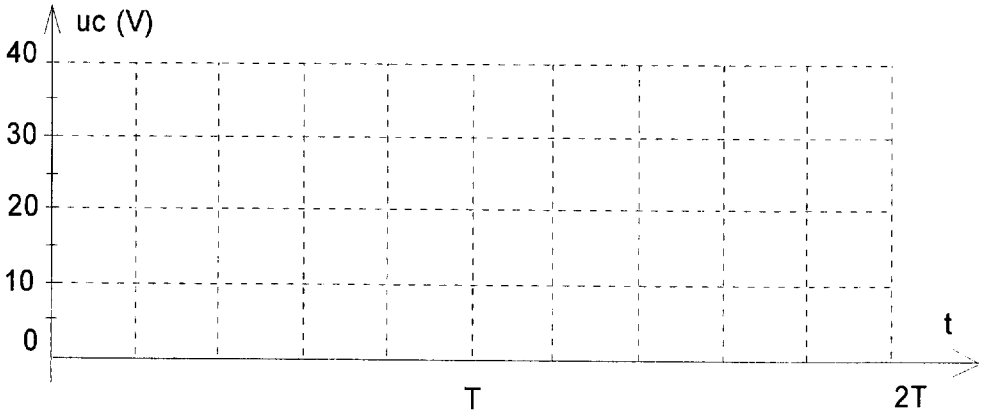
DOCUMENT RÉPONSE 1

Question 1.2.1. MONOSTABLE



Questions 2.2.2. et 2.2.4. HACHEUR

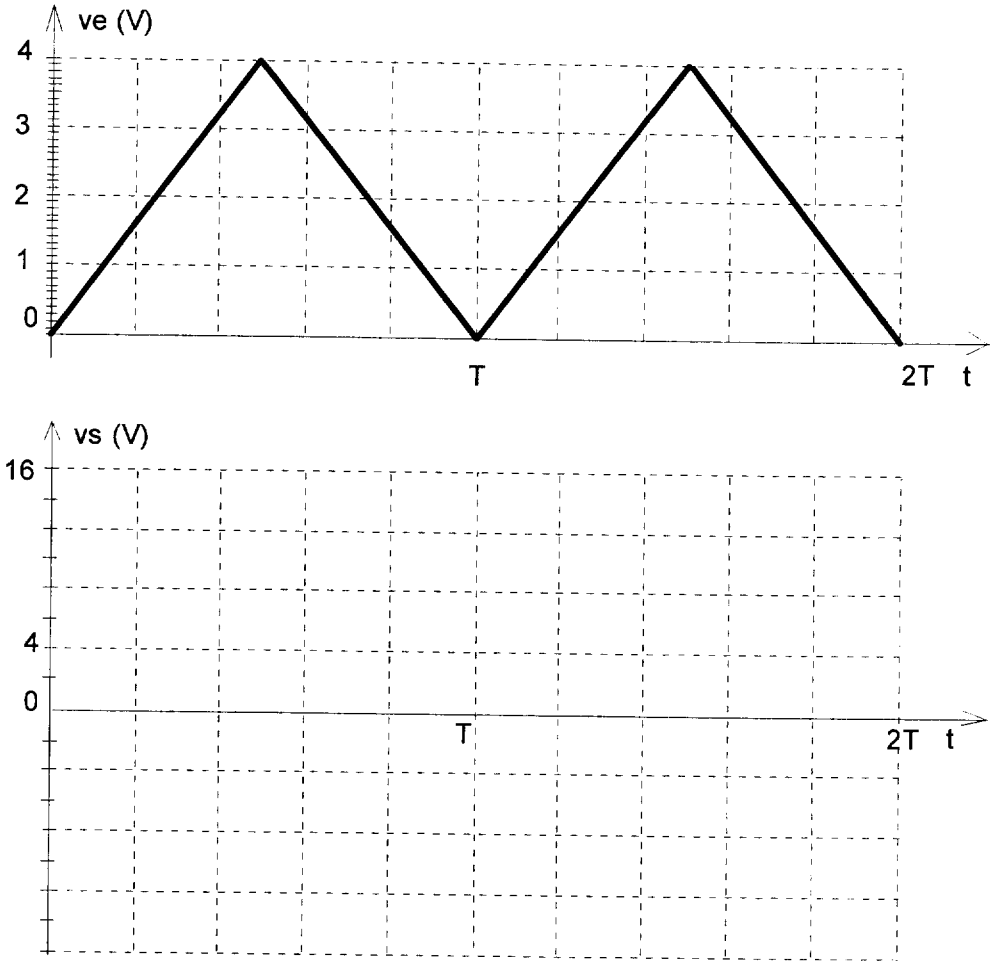




CRDP Aquitaine

DOCUMENT RÉPONSE 2

Question 2.3.2. COMMANDE DU HACHEUR



Question III : FONCTIONNEMENT DU VÉLO

Rapport cyclique α	0.6
Tension du moteur $U_M = \langle u_c \rangle$	
Fem du moteur E_M	
Vitesse angulaire du moteur Ω_M	
Fréquence de rotation du moteur n_M (tr.s^{-1})	
Fréquence de rotation de la roue n_R (tr.s^{-1})	
Vitesse du vélo v (km.h^{-1})	
Puissance du moteur	

CRDP Aquitaine

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.