



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](http://www.formav.co/explorer)

ATI2009

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

**ÉPREUVE 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

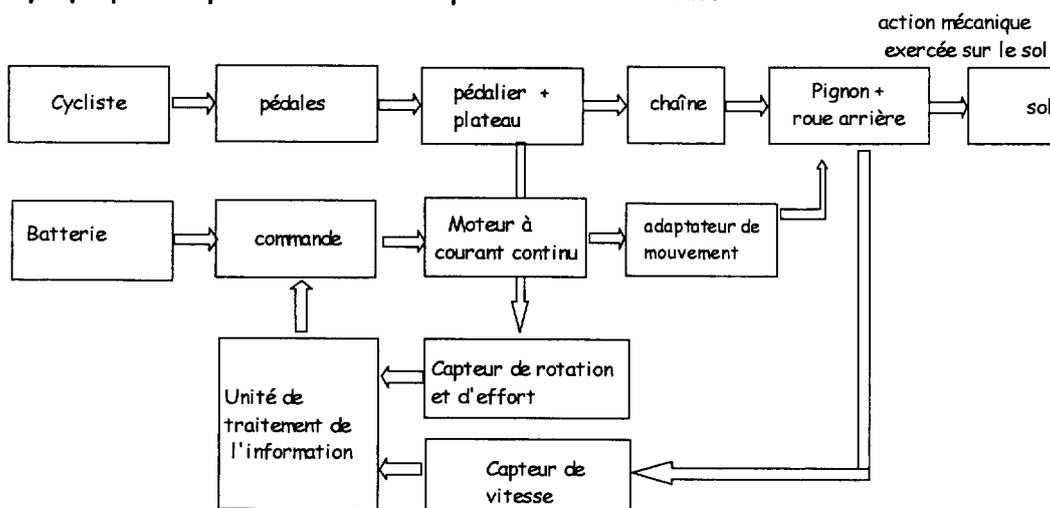
# ÉTUDE D'UN VÉLO A ASSISTANCE ÉLECTRIQUE (V.A.E.)



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<sup>-1</sup>.
  - \* 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.

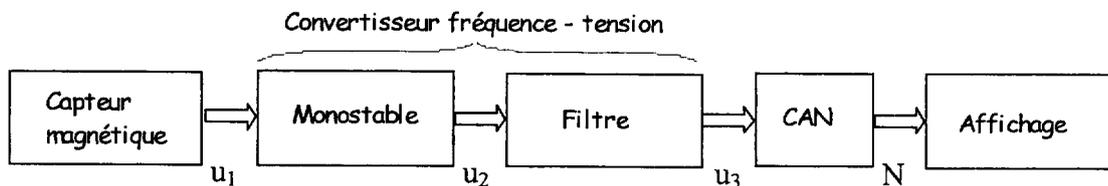


On se propose d'étudier : la mesure de la vitesse, le moteur et sa commande.

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  $v$  ( $\text{km.h}^{-1}$ ) en fonction de  $n_R$  ( $\text{tr.s}^{-1}$ ) 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  $k = 1 \text{ V.tr}^{-1}.\text{s}$ .

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

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

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

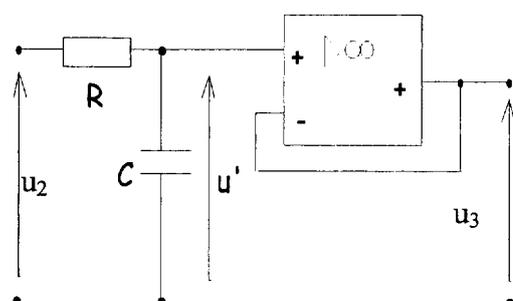
### 1.3. Filtre.

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.

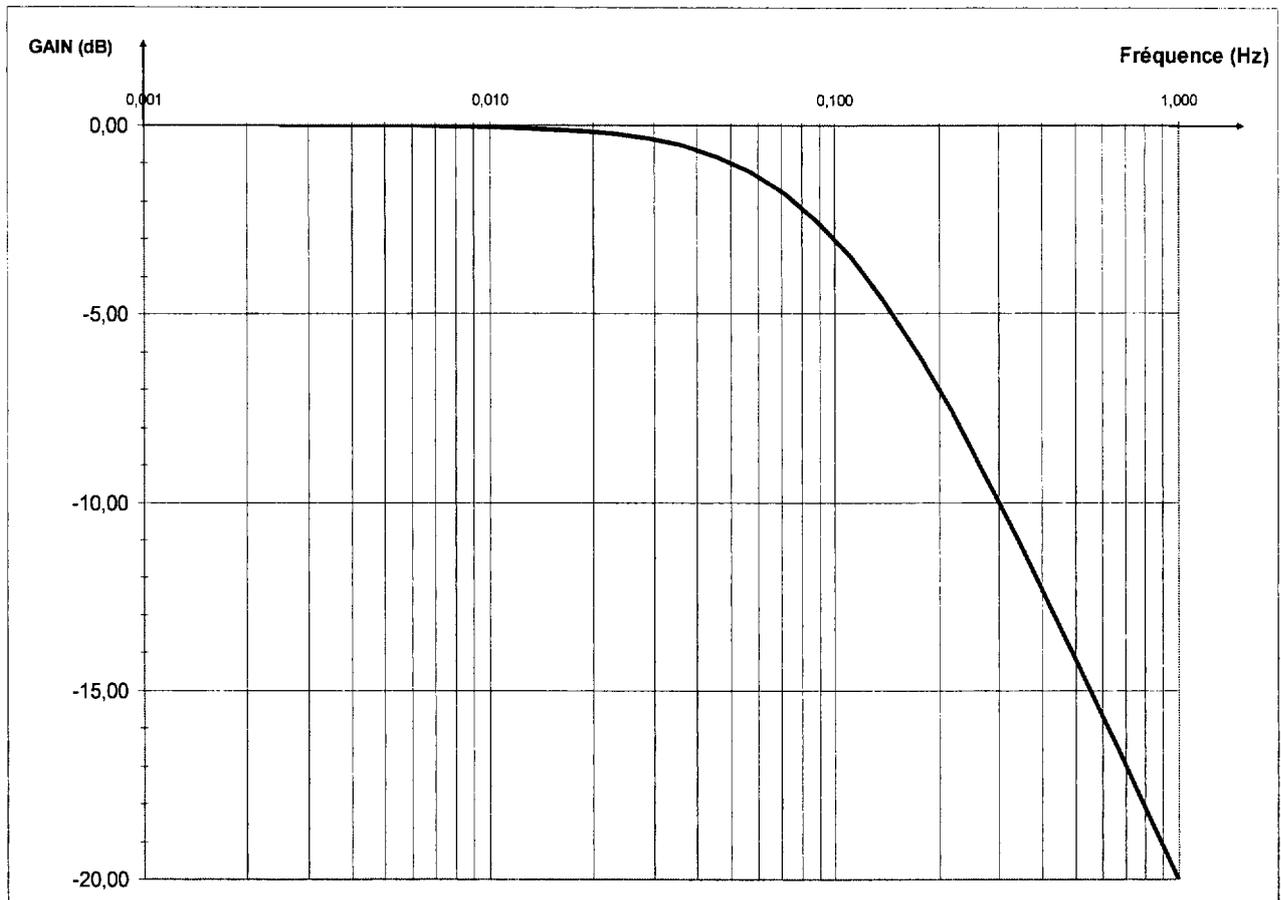


1.3.2. Déterminer l'expression de la fonction de transfert complexe du filtre  $\underline{T} = \frac{U_3}{U_2}$  en

fonction de  $R$ ,  $C$  et de la pulsation  $\omega$ .

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

- Rappeler l'expression du gain  $G$  en fonction de  $T$ .
- Définir la bande passante d'un filtre.
- 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 :

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

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  $v = 21,5 \text{ km.h}^{-1}$ , la valeur affichée est 215.

Donner la relation entre  $N$  et  $u_3$ .

1.4.2. En déduire le quantum du CAN.

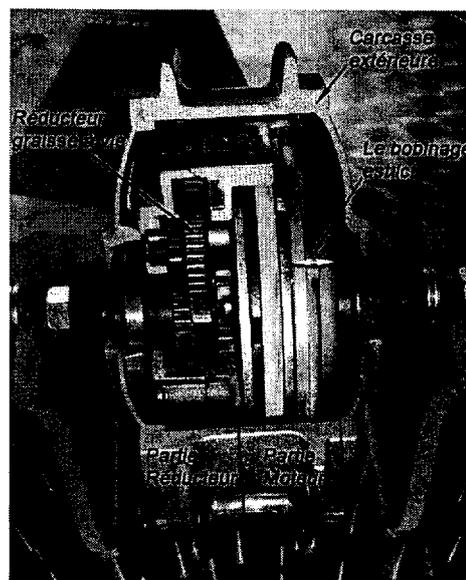
1.4.3. Déterminer le nombre minimal de bits du CAN pour afficher au maximum 746.

## II. ETUDE DU MOTEUR ET DE SA COMMANDE.

## 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 :  $U_N = 36 \text{ V}$  ;

intensité nominale d'induit :  $I_N = 8,2 \text{ A}$  ;

Résistance d'induit :  $r = 0,66 \Omega$  ;

vitesse de rotation nominale du moteur :  $n_N = 3000 \text{ tr.min}^{-1}$ .

On rappelle les deux relations suivantes :

$$P_{EM} = T_{EM} \cdot \Omega_M = E \cdot I$$

et

$$E = K \cdot \Phi \cdot \Omega_M$$

$P_{EM}$  est la puissance électromagnétique

$T_{EM}$  est le moment du couple électromagnétique du moteur (N.m).

$\Omega_M$  est la vitesse angulaire du moteur ( $\text{rad.s}^{-1}$ ).

$E$  est la force électromotrice (V).

$I$  est l'intensité du courant dans l'induit (A).

$\Phi$  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  $E = k \cdot \Omega_M$ . En déduire que :  $k = 0,0974 \text{ V.rad}^{-1} \cdot \text{s}$ .

2.1.4. Montrer que  $T_{EM} = k \cdot I$ . En déduire que  $T_{UM} = 0,0974 \cdot I$  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 y a conservation de la puissance mécanique. Calculer la vitesse angulaire de rotation de la roue  $\Omega_R$  (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

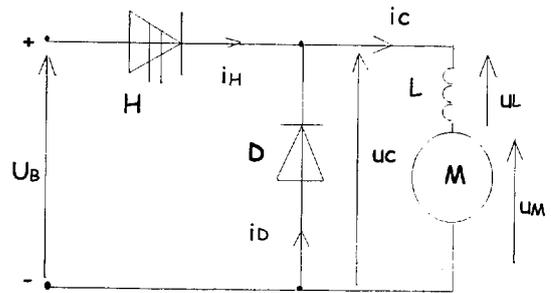
33075 BORDEAUX CEDEX

Tél. : 05 56 01 56 70

L'alimentation de l'induit du moteur est assurée par un accumulateur composé de trois batteries de 12V mises en série (soit  $U_B = 36\text{ V}$ ) et d'un hacheur série (figure ci-contre).

Le hacheur est fermé périodiquement de 0 à  $\alpha T$  et ouvert de  $\alpha T$  à  $T$ .

Le courant du moteur est parfaitement lissé par l'inductance  $L$  :  $\langle i_c \rangle = I_N = 8,2\text{ A}$ .



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.

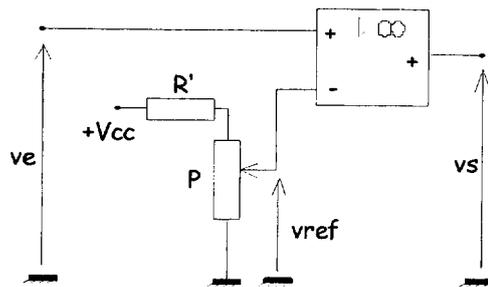
2.2.3. Quel est le rôle de la diode D ?

2.2.4. Le rapport cyclique  $\alpha$  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  $\alpha$ .

### 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  $V_{sat} = \pm 12\text{ V}$ . Le potentiomètre P (de valeur maximale  $10\text{ k}\Omega$ ) permet d'obtenir une tension  $V_{ref}$  continue réglable à partir de la tension continue  $V_{cc} = 15\text{ V}$ . 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.  $V_{ref} = 1,6\text{ V}$ . 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  $\alpha$  de  $v_s$ .

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

## III. FONCTIONNEMENT DU VELO

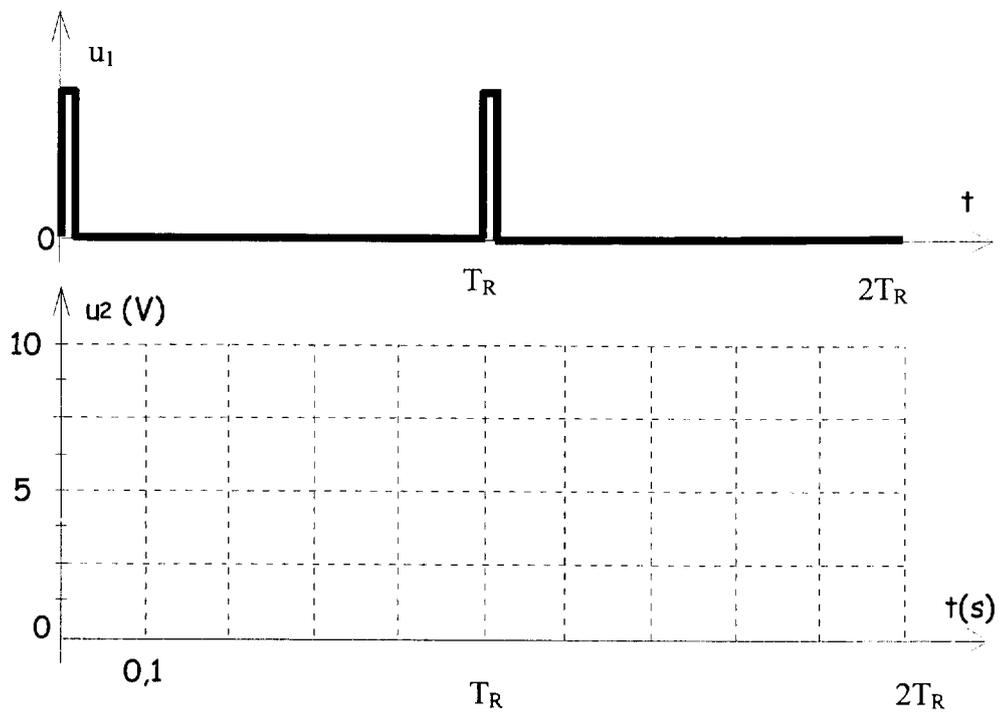
On utilise le vélo sur une pente ascendante constante. Le cycliste a la possibilité de demander au moteur de participer plus ou moins à cet effort. On va étudier le cas où le moteur fournit environ 50% de sa puissance nominale. La puissance du cycliste est supposée constante et égale à 100W.

On admet que le moment du couple utile du moteur est constant et vaut  $T_u = 0,8\text{ N.m}$ . L'intensité du courant du moteur est constante et vaut  $I = 8,2\text{ A}$ .

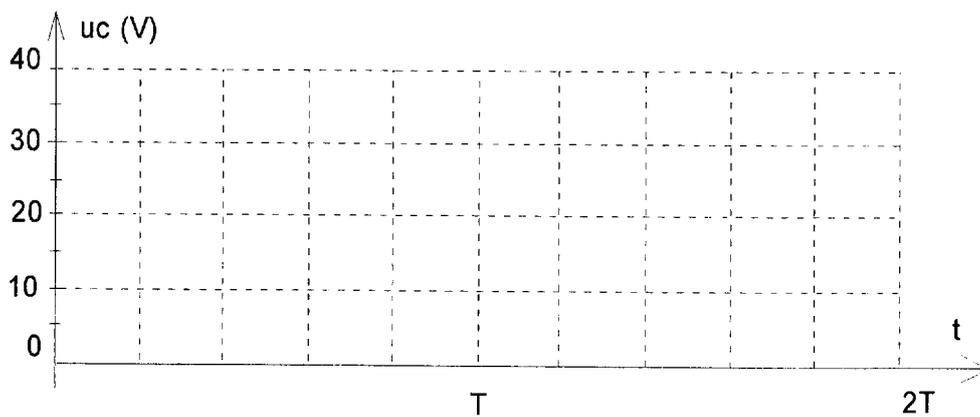
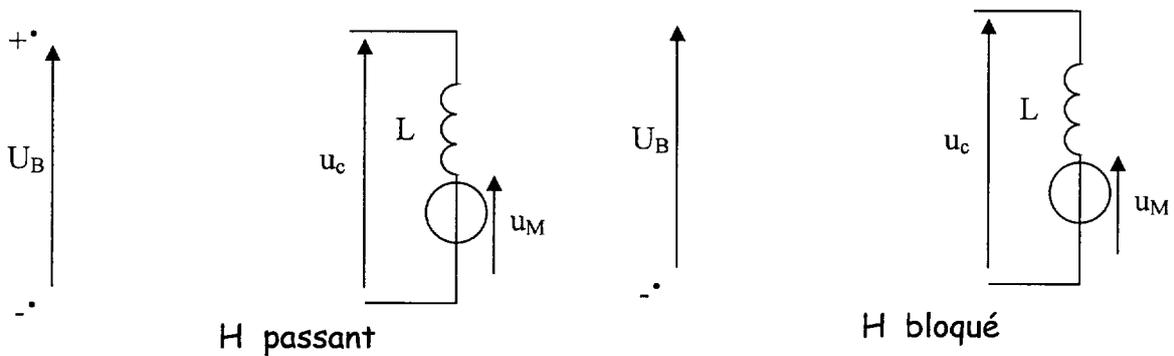
Compléter le tableau du document réponse 2 page 8/8.

# DOCUMENT RÉPONSE 1

## Question 1.2.1. MONOSTABLE

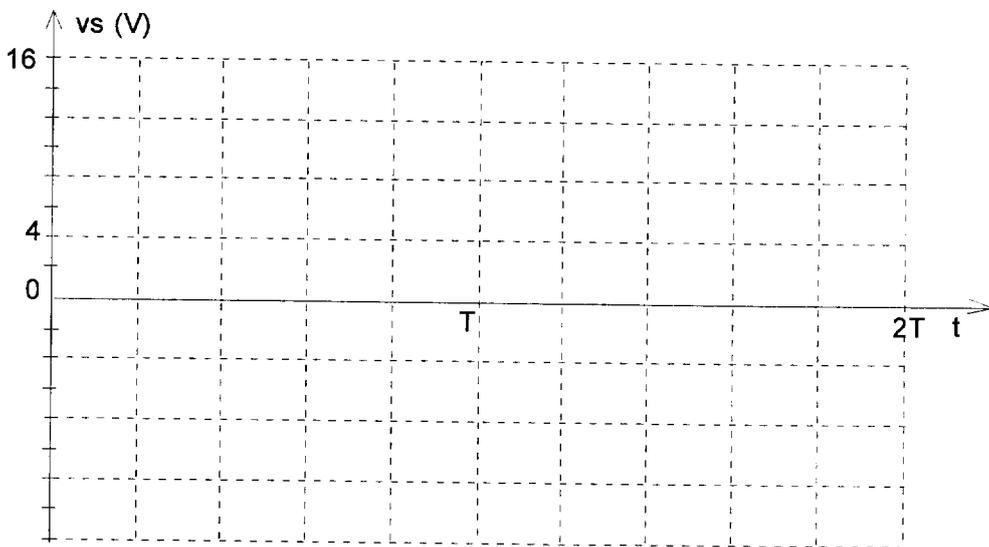
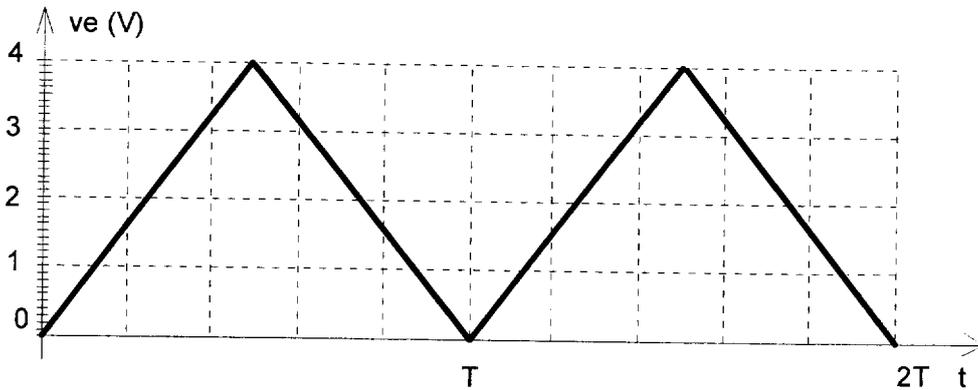


## Questions 2.2.2. et 2.2.4. HACHEUR



## DOCUMENT RÉPONSE 2

### Question 2.3.2. COMMANDE DU HACHEUR



### Question III : FONCTIONNEMENT DU VÉLO

Rapport cyclique $\alpha$	0.6
Tension du moteur $U_M = \langle u_c \rangle$	
Fem du moteur $E_M$	
Vitesse angulaire du moteur $\Omega_M$	
Fréquence de rotation du moteur $n_M$ (tr.s <sup>-1</sup> )	
Fréquence de rotation de la roue $n_R$ (tr.s <sup>-1</sup> )	
Vitesse du vélo $v$ (km.h <sup>-1</sup> )	
Puissance du moteur	

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.