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 :
formav.co/explorer

BTS ATI

# Mathématiques et sciences physiques

**Session 2009** • Code sujet : **ATPHY** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

## Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement


**1. Mesure de la vitesse et affichage** (15 questions) **Page 3**

**2. Étude du moteur et de sa commande** (14 questions) **Page 8**

**3. Fonctionnement du vélo** (1 question) **Page 14**

**4. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) **Page 16**


**Sujet officiel (PDF) :** https://btsati.fr/assets/annales/bts-ati/E3.2 - Sciences physiques/2009/BTS ATI - E3.2 - Sciences physiques - Session 2009 - 1-Sujet.pdf

# 1. Mesure de la vitesse et affichage

L'étude porte sur la chaîne de mesure de la vitesse d'un vélo à assistance électrique, du capteur magnétique de roue à l'afficheur. Elle mobilise un monostable, un filtre RC avec amplificateur opérationnel et un convertisseur analogique-numérique, avec des tracés à compléter.

## Capteur magnétique de vitesse

**Question 1.1.1. Exprimer la fréquence de rotation de la roue nR, en tours par seconde, en fonction de la fréquence fP des impulsions et de la période TR de rotation de la roue.**

Une impulsion est émise à chaque tour, donc la fréquence des impulsions égale la fréquence de rotation. La fréquence étant l'inverse de la période :

$n_R = f_P = \dfrac{1}{T_R}$, en tr·s$^{-1}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $n_R = f_P = 1/T_R$.

**Question 1.1.2. Vérifier que la vitesse du vélo v, en km/h, est reliée à la fréquence de rotation de la roue nR, en tours par seconde, par v = 7,46 nR.**

En un tour, la roue parcourt $\pi D$. La vitesse en km/h s'obtient en multipliant la vitesse en m/s par 3,6 :

$v = \pi \times 0{,}66 \times 3{,}6\, n_R = 7{,}46 n_R$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $v = 7{,}46 n_R$ km/h.

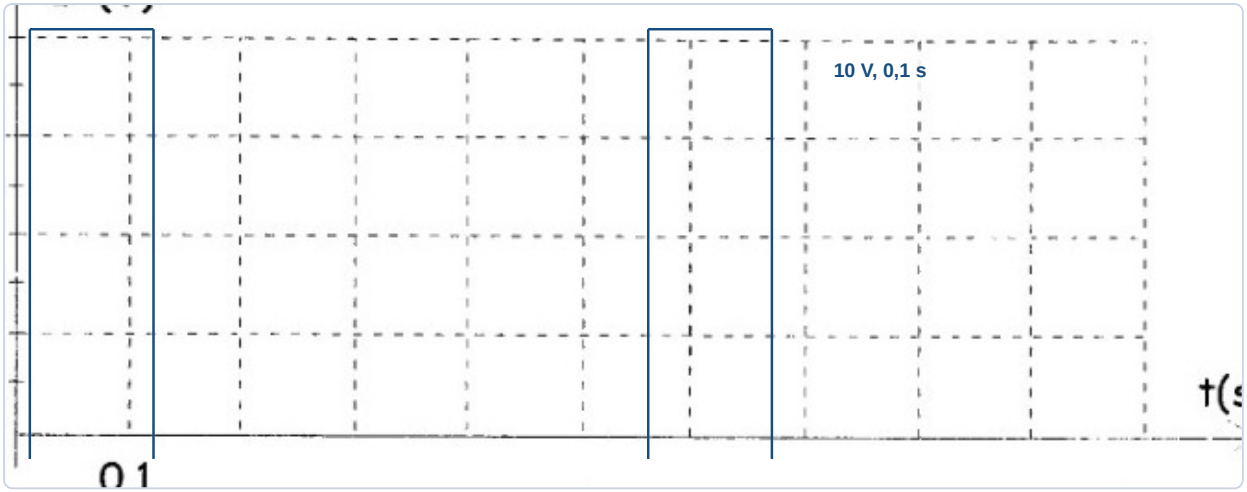
## Monostable

**Question 1.2.1. Pour TR = 0,5 s, tracer u2(t) sur le document réponse 1 et calculer sa valeur moyenne.**

Le monostable délivre 10 V pendant 0,1 s à chaque période de 0,5 s. Le signal est haut de 0 à 0,1 s, puis de 0,5 à 0,6 s sur la fenêtre représentée. Sa valeur moyenne est :

$\langle u_2 \rangle = 10 \times \dfrac{0{,}1}{0{,}5} = 2{,}00$ V.

Signal u2 complété




✓ RÉPONSE À RETENIR

$\langle u_2 \rangle = 2{,}00\ \text{V}$.

**Question 1.2.2 a). Lorsque la vitesse du vélo varie et que TR varie, montrer que la valeur moyenne de u2 s'exprime en fonction de nR sous la forme <u2> = k nR, avec k = 1 V·tr⁻¹·s.**

Sur une période, l'impulsion vaut 10 V pendant 0,1 s. Ainsi, $\langle u_2 \rangle = 10 \times 0{,}1 / T_R$. Comme $n_R = 1/T_R$, on obtient $\langle u_2 \rangle = 1{,}00 n_R$. Le coefficient est donc $k = 1\ \text{V}\cdot\text{tr}^{-1}\cdot\text{s}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$\langle u_2 \rangle = k n_R$, avec $k = 1\ \text{V}\cdot\text{tr}^{-1}\cdot\text{s}$.

**Question 1.2.2 b). À partir de la relation entre la valeur moyenne de u2 et nR, déterminer la vitesse maximale mesurable Vmax, en km/h.**

La fréquence maximale est atteinte lorsque la période égale la durée de l'impulsion : $T_{R,\min} = 0{,}1\ \text{s}$, soit $n_{R,\max} = 10\ \text{tr/s}$. Avec $v = 7{,}46 n_R$, on obtient $V_{\max} = 7{,}46 \times 10 = 74{,}6\ \text{km/h}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$V_{\max} = 74{,}6\ \text{km/h}$.

**Question 1.2.3. Expliquer ce que représentent la composante U0 et les termes ua(t), ub(t) et uc(t) dans la décomposition en série de Fourier de u2(t).**

Dans la série de Fourier, $U_0$ est la composante continue, égale à la valeur moyenne du signal. Les termes $u_a(t)$, $u_b(t)$ et $u_c(t)$ sont des sinusoïdes de fréquences respectives $f_R$, $2f_R$ et $3f_R$ : ce sont les trois premières harmoniques.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$U_0$ est la composante continue ; $u_a$, $u_b$, $u_c$ sont les harmoniques 1, 2 et 3.

### Filtre

**Question 1.3.1. Montrer que l'ADI fonctionne en régime linéaire, donner la relation entre u3 et u', puis préciser le rôle de l'ADI.**

La sortie est reliée à l'entrée inverseuse : cette contre-réaction négative maintient l'ADI en régime linéaire. Les tensions d'entrée sont alors égales, et le montage suiveur donne $u_3 = u'$. L'ADI sert de tampon d'adaptation d'impédance entre le circuit RC et la sortie.

✓ RÉPONSE À RETENIR

ADI en suiveur : $u_3 = u'$. Il assure l'adaptation d'impédance.

**Question 1.3.2. Déterminer l'expression de la fonction de transfert complexe T = U3/U2 du filtre en fonction de R, C et de la pulsation ω.**

L'ADI est un suiveur, donc $U_3 = U'$. Pour le circuit RC, le condensateur d'impédance $1/(j\omega C)$ est en dérivation sur la sortie du diviseur. La fonction de transfert complexe est :

$$T(j\omega) = \frac{U_3}{U_2} = \frac{1}{1 + j\omega RC}.$$

✓ RÉPONSE À RETENIR

$T(j\omega) = 1/(1 + j\omega RC)$.

### Réponse en fréquence

**Question 1.3.3 a). Rappeler l'expression du gain G du filtre en fonction de sa fonction de transfert T.**

Le gain linéaire est le module de la fonction de transfert complexe : $G = |T| = |U_3/U_2|$. Sur la courbe graduée en décibels, le gain s'écrit $G_{\text{dB}} = 20 \log_{10} |T|$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$G = |T|$, soit $G_{\text{dB}} = 20 \log_{10} |T|$.

**Question 1.3.3 b). Définir la bande passante d'un filtre.**

La bande passante est l'ensemble des fréquences transmises sans atténuation importante. Ses limites sont définies par les fréquences de coupure, aux points où le gain a diminué de 3 dB par rapport à sa valeur maximale, soit une amplitude égale à environ 0,707 fois le maximum.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Bande passante : fréquences pour lesquelles le gain reste au moins à $-3$ dB du maximum.

**Question 1.3.3 c). À partir de la courbe de réponse en fréquence, déterminer Tmax et la fréquence de coupure fh, puis justifier le type de filtre.**

Le plateau maximal est à 0 dB, donc le gain linéaire maximal vaut $T_{\max} = 1$. La courbe atteint environ $-3$ dB vers $0{,}10\ \mathrm{Hz}$, fréquence de coupure. Comme le gain diminue aux fréquences élevées, le filtre est passe-bas.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $T_{\max} = 1$ ; $f_h \approx 0{,}10\ \mathrm{Hz}$ ; filtre passe-bas.

## Filtre

**Question 1.3.4. Indiquer ce que l'on peut dire de u3 si le filtre ne laisse pas passer les harmoniques dont les fréquences sont supérieures à fh.**

Les harmoniques au-dessus de $f_h$ sont atténuées. La tension $u_3$ conserve donc la composante continue et les harmoniques situées dans la bande passante. Le signal est lissé, sans être nécessairement une sinusoïde pure si plusieurs harmoniques restent transmises.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $u_3$ est lissée : les harmoniques de fréquence supérieure à $f_h$ sont atténuées.

## Convertisseur analogique-numérique et affichage

**Question 1.4.1. Sachant que u3 = 0,134 v et que l'afficheur indique la valeur de N sur trois chiffres, donner la relation entre N et u3.**

L'exemple donne $N = 215$ pour $v = 21{,}5\ \mathrm{km/h}$, donc $N = 10v$. Avec $u_3 = 0{,}134v$, il vient :

$$N = \frac{10}{0{,}134} u_3 \approx 74{,}6 u_3,$$

où $u_3$ est exprimée en volts.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$N \approx 74{,}6u_3$, avec $u_3$ en volts.

**Question 1.4.2. Déduire de la relation entre N et u3 le quantum du convertisseur analogique-numérique.**

Un pas numérique correspond à une variation de tension $q = 1/74{,}6$, d'après la relation $N \approx 74{,}6u_3$. Le quantum vaut donc environ $0{,}0134\ \mathrm{V/pas}$, soit $13{,}4\ \mathrm{mV/pas}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$q \approx 0{,}0134\ \mathrm{V/pas} = 13{,}4\ \mathrm{mV/pas}$.

**Question 1.4.3. Déterminer le nombre minimal de bits du convertisseur analogique-numérique permettant d'afficher au maximum la valeur 746.**

Avec $n$ bits, le code maximal vaut $2^n - 1$. Neuf bits donnent 511, insuffisant pour 746 ; dix bits donnent 1 023, ce qui permet de coder cette valeur. Le nombre minimal requis est donc 10 bits.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$n_{\min} = 10$ bits.

## 2. Étude du moteur et de sa commande

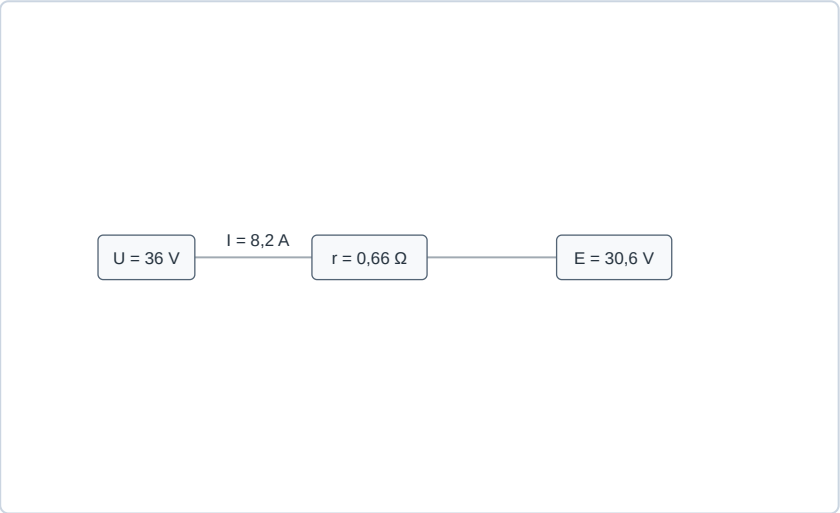
Le sujet étudie un moteur à courant continu à aimant permanent, ses caractéristiques nominales et le réducteur qui transmet son couple à la roue. Il examine ensuite son alimentation par batteries et hacheur série, puis la commande du hacheur à l'aide d'un amplificateur opérationnel et d'un signal triangulaire.

### Étude du moteur

**Question 2.1.1. Donner le schéma équivalent de l'induit en régime permanent, en déduire la relation entre U, E et I, puis calculer la force électromotrice E au fonctionnement nominal.**

En régime permanent, l'induit se modélise par la résistance $r$ en série avec la force contre-électromotrice $E$. Avec le courant $I$ orienté dans le sens du moteur, la loi des mailles donne $U = E + rI$. Au nominal, $E = 36 - 0{,}66 \times 8{,}2 = 30{,}588\ V$, soit 30,6 V à trois chiffres significatifs.

**Schéma équivalent de l'induit**




Résistance et force contre-électromotrice en série, traversées par le courant d'induit.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $E = 30{,}6\ V$.

**Question 2.1.2. Calculer la puissance absorbée Pa par le moteur au régime nominal.**

Au régime nominal, la puissance absorbée électriquement par l'induit est le produit de la tension à ses bornes par le courant qui le traverse : $P_a = UI$. Les valeurs constructeur sont $U = 36\ V$ et $I = 8{,}2\ A$. On obtient $P_a = 36 \times 8{,}2 = 295{,}2\ W$, puis on arrondit à trois chiffres significatifs.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $P_a = 295\ W$.

**Question 2.1.3.** **Montrer que E = kΩM, puis en déduire la valeur de k indiquée dans le sujet.**

La relation fournie est $E = K\Phi\Omega_M$. Le moteur étant à aimant permanent, son flux est constant ; on pose donc $k = K\Phi$, d'où $E = k\Omega_M$. La vitesse nominale convertie en unités SI vaut $\Omega_M = 3000 \times 2\pi/60 = 314\ rad{\cdot}s^{-1}$. Avec $E = 30{,}588\ V$, le rapport $E/\Omega_M$ donne la constante demandée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $E = k\Omega_M$, avec $k = 0{,}0974\ V{\cdot}s{\cdot}rad^{-1}$.

**Question 2.1.4.** **Montrer que TEM = kI, en déduire l'expression du couple utile sur l'arbre moteur en fonction de I, puis calculer ce couple au fonctionnement nominal.**

La puissance électromagnétique vérifie à la fois $P_{EM} = T_{EM}\Omega_M$ et $P_{EM} = EI$. En remplaçant $E$ par $k\Omega_M$, puis en simplifiant par la vitesse angulaire, on obtient $T_{EM} = kI$. Le sujet ne retient que les pertes Joule : le couple utile sur l'arbre moteur suit donc cette relation. Au nominal, on utilise $k = 0{,}0974$ et $I = 8{,}2\ A$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $T_u = 0{,}0974\ I$, soit $0{,}799\ N{\cdot}m$ au nominal.

**Question 2.1.5.** **Calculer la puissance utile du moteur Pu et en déduire son rendement.**

Les pertes prises en compte sont uniquement les pertes Joule ; la puissance mécanique utile est donc la puissance électromagnétique : $P_u = EI$. Avec $E = 30{,}588\ V$ et $I = 8{,}2\ A$, elle vaut 250,8216 W. Le rendement se calcule en divisant cette puissance utile par la puissance électrique absorbée $P_a = 295{,}2\ W$, puis en exprimant le rapport en pourcentage.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $P_u = 251\ W$ et $\eta = 85{,}0\ \%$.

**Question 2.1.6.** **En admettant la conservation de la puissance mécanique, calculer la vitesse angulaire de la roue ΩR après le réducteur et le couple transmis à la roue au fonctionnement nominal, puis conclure.**

Le réducteur de rapport $1/15$ divise la vitesse angulaire par 15 : $\Omega_R = \Omega_M/15$. La puissance mécanique étant conservée, $T_R\Omega_R = T_u\Omega_M$ ; le couple transmis est donc multiplié par 15. On obtient une vitesse de roue plus faible et un couple plus élevé, ce qui est précisément l'effet attendu d'un réducteur.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$\Omega_R = 20{,}9\ rad{\cdot}s^{-1}$ et $T_R = 12{,}0\ N{\cdot}m$ : le réducteur augmente le couple.

## Alimentation du moteur

**Question 2.2.1. Citer deux composants électroniques utilisables comme interrupteur commandé H.**

L'interrupteur *H* doit pouvoir être commandé pour établir ou interrompre le courant du hacheur. Il peut notamment être réalisé avec un transistor bipolaire de puissance ou un transistor MOSFET de puissance. Ce sont deux composants commandables adaptés à cette fonction.

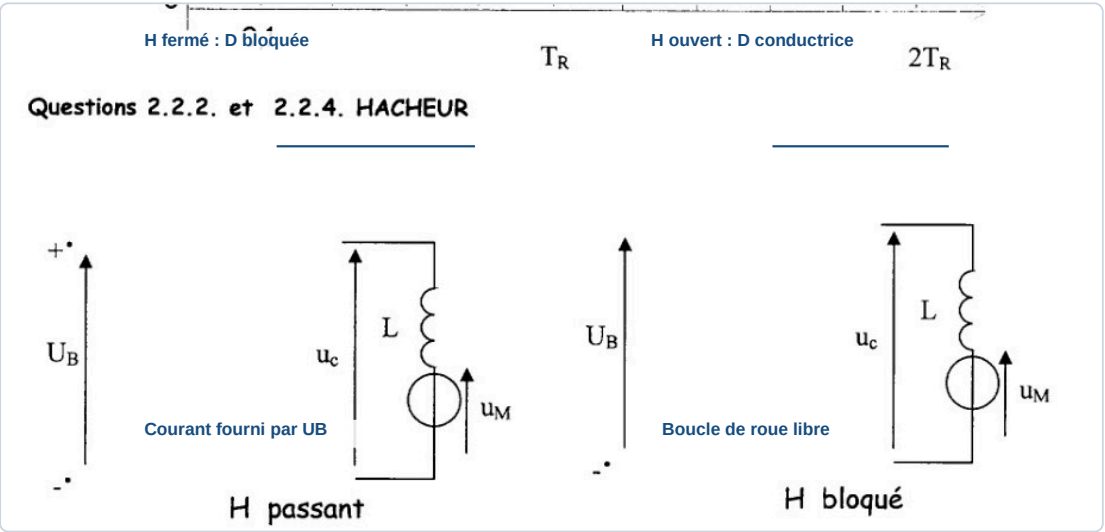
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

*Transistor bipolaire de puissance* et *MOSFET de puissance*.

**Question 2.2.2. Sur le document réponse 1, représenter le schéma électrique équivalent du montage lorsque H est passant, puis lorsqu'il est bloqué.**

Lorsque *H* est passant, le générateur $U_B$ alimente la branche *L*-moteur ; la diode *D* est bloquée. Lorsque *H* est bloqué, l'inductance maintient le courant dans la boucle de roue libre formée par *L*, le moteur et la diode conductrice. Les deux états sont repérés sur les schémas du document réponse 1 ; les flèches indiquent le sens du courant.

**États du hacheur sur le document réponse 1**




✓ **RÉPONSE À RETENIR**

*H passant* : alimentation du moteur, *D* bloquée. *H bloqué* : courant de roue libre dans *D*.

**Question 2.2.3.** **Préciser le rôle de la diode D dans le montage.**

À l'ouverture de *H*, le courant de l'inductance ne peut pas s'annuler instantanément. La diode *D* devient alors conductrice et permet au courant de continuer à circuler dans la boucle comprenant l'inductance et le moteur. Elle assure ainsi la roue libre et limite la surtension qui pourrait apparaître aux bornes de l'interrupteur.

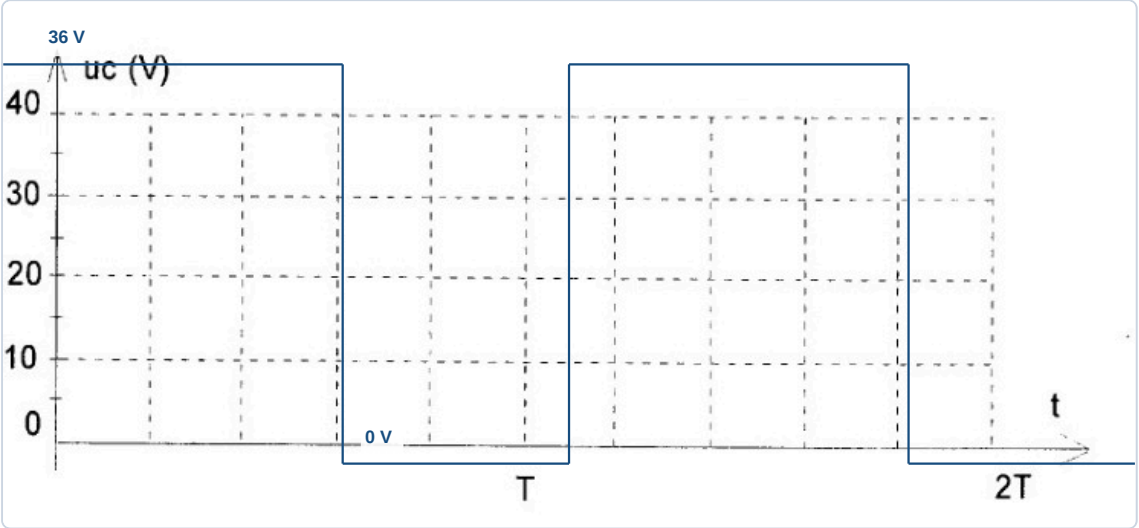
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

*D* assure la roue libre du courant inductif et limite la surtension à l'ouverture de *H*.

**Question 2.2.4.** **Pour un rapport cyclique α = 0,6, tracer uc(t) sur le document réponse 1 et calculer sa valeur moyenne selon <uc> = α UB.**

Quand *H* conduit, la sortie du hacheur est reliée à la batterie : $u_c = U_B = 36\ V$. Quand *H* est ouvert, la diode de roue libre conduit et la tension de sortie est idéalement nulle. Sur chaque période, la tension vaut donc 36 V pendant $\alpha T$, puis 0 V pendant $(1-\alpha)T$. Sa moyenne est $\alpha U_B$.

**Tension u_c sur deux périodes**




✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$\langle u_c \rangle = 0{,}6 \times 36 = 21{,}6\ V$.

**Question 2.2.5.** **Écrire la relation entre uc, uL et uM, puis établir la relation entre <uM>, UB et α.**

La loi des mailles appliquée à la branche série donne $u_c = u_L + u_M$, avec les conventions de tension du schéma. En régime périodique établi, la tension moyenne aux bornes de l'inductance est nulle : $\langle u_L \rangle = 0$. En prenant la moyenne de la première relation et en utilisant $\langle u_c \rangle = \alpha U_B$, on obtient la relation demandée pour le moteur.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$u_c = u_L + u_M$ et $\langle u_M \rangle = \alpha U_B$.

### Commande du hacheur

**Question 2.3.1. Montrer que l'ADI fonctionne en régime non linéaire et préciser les valeurs possibles de sa tension de sortie vs.**

L'ADI est utilisé en comparateur, sans contre-réaction : il ne fonctionne donc pas en régime linéaire. La différence entre ses entrées fixe le signe de la sortie, qui atteint l'une des tensions de saturation *+12 V* ou *−12 V*. D'après le branchement du comparateur, l'entrée non inverseuse reçoit $v_e$ et l'entrée inverseuse reçoit $V_{ref}$ ; la sortie est positive lorsque $v_e > V_{ref}$.

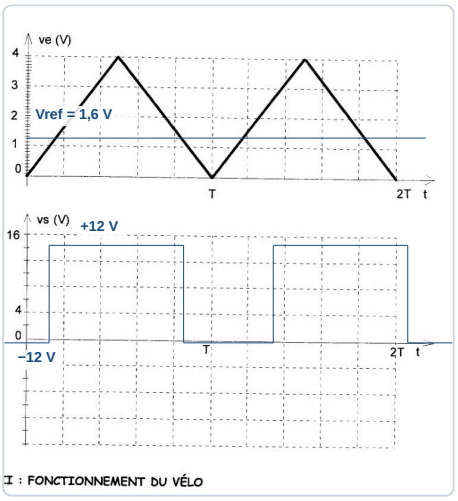
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$v_s = +12\ V$ si $v_e > V_{ref}$, sinon $v_s = -12\ V$.

**Question 2.3.2. Pour Vref = 1,6 V, tracer Vref avec ve(t), en déduire le tracé de vs(t) sur le document réponse 2, puis déterminer le rapport cyclique α de vs.**

Le triangle monte de 0 à 4 V pendant la première demi-période, puis redescend à 0 V. Le seuil *1,6 V* est franchi à *0,2T* à la montée et à *0,8T* à la descente. Comme la sortie est positive lorsque $v_e > V_{ref}$, elle est à *+12 V* entre ces franchissements, puis à *−12 V*. Le motif se répète à la période *T*.

**Seuil et sortie du comparateur**




✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$\alpha = (0{,}8 - 0{,}2)T/T = 0{,}60$.

**Question 2.3.3. Déterminer les valeurs extrêmes de Vref permettant de faire varier le rapport cyclique α de 0 à 1.**

Le signal triangulaire varie de *0 V* à *4 V*. Pour obtenir une sortie toujours positive, le seuil doit être placé au niveau minimal du triangle ou en dessous ; pour obtenir une sortie toujours négative, il doit atteindre le niveau maximal ou le dépasser. Les deux valeurs extrêmes qui permettent de parcourir toute la plage de rapports cycliques correspondent donc aux bornes de l'amplitude du signal triangulaire.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_{ref} = 0\ V$ donne $\alpha = 1$ et $V_{ref} = 4\ V$ donne $\alpha = 0$.

## 3. Fonctionnement du vélo

Le vélo est utilisé sur une pente ascendante constante, avec une puissance du cycliste de 100 W et une assistance moteur d'environ 50 % de la puissance nominale. À partir du couple moteur et du courant indiqués, il faut compléter le tableau de fonctionnement du document réponse 2.

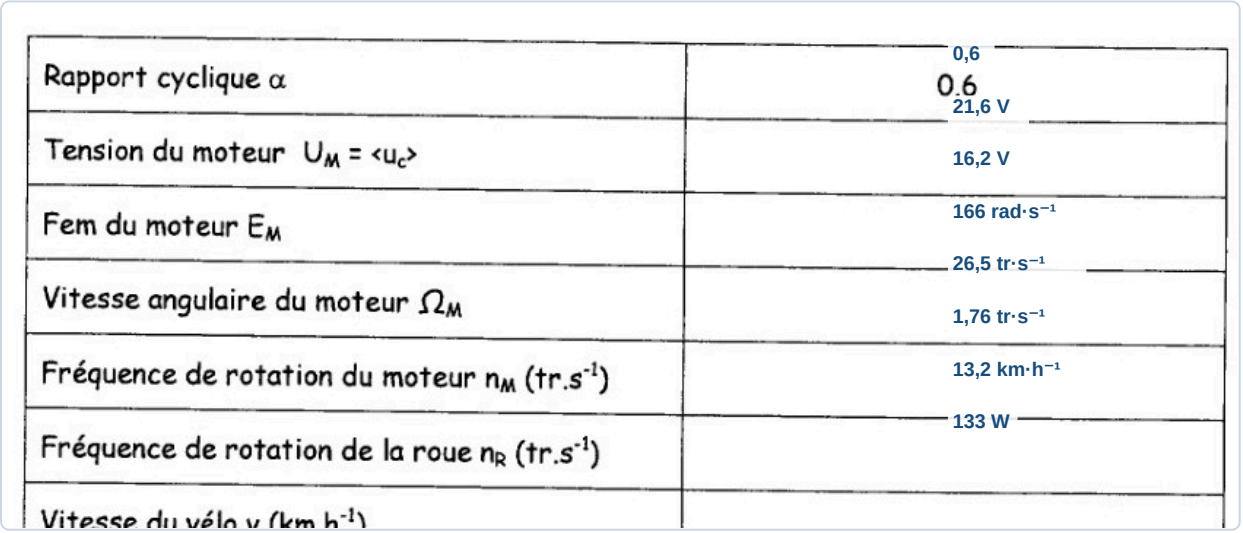
**Question III. À partir des données fournies, notamment du couple utile moteur constant de 0,8 N·m et du courant de 8,2 A, compléter le tableau du document réponse 2 avec le rapport cyclique, la tension et la force électromotrice du moteur, les vitesses angulaires et fréquences de rotation du moteur et de la roue, la vitesse du vélo et la puissance du moteur.**

La tension moyenne vaut $\mathbf{U_M = \alpha U_B}$, puis la loi de l'induit donne $\mathbf{E_M = U_M - rI}$. Avec $E_M = k\Omega_M$, on obtient la vitesse angulaire, puis la fréquence de rotation. Le réducteur divise cette fréquence par 15 et la vitesse du vélo vaut $7{,}46 n_R$.

| Grandeur | Valeur |
|---|---|
| Rapport cyclique α | 0,6 |
| Tension moteur $U_M$ | 21,6 V |
| Fem $E_M$ | 16,2 V |
| Vitesse angulaire $\Omega_M$ | 166 rad·s⁻¹ |
| Fréquence moteur $n_M$ | 26,5 tr·s⁻¹ |
| Fréquence roue $n_R$ | 1,76 tr·s⁻¹ |
| Vitesse du vélo v | 13,2 km·h⁻¹ |
| Puissance du moteur | 133 W |

La puissance mécanique est calculée avec le couple utile indiqué et la vitesse angulaire du moteur. Elle représente environ 53 % de la puissance nominale de 250 W, ce qui correspond à « environ 50 % ».

**Tableau du fonctionnement du vélo complété**



**✓ RÉPONSE À RETENIR**

$\alpha = 0,6$ ; $U_M = 21,6$ V ; $E_M = 16,2$ V ; $\Omega_M = 166$ rad·s$^{-1}$ ; $n_M = 26,5$ tr·s$^{-1}$ ; $n_R = 1,76$ tr·s$^{-1}$ ; $v = 13,2$ km·h$^{-1}$ ; $P = 133$ W.

# Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2009)

**Bilan de l'épreuve :** Épreuve E3, unité U32, de sciences physiques appliquées du BTS Assistance technique d'ingénieur, session 2009, code ATPHY, durée 2 heures, coefficient 2. Le sujet étudie un vélo à assistance électrique : mesure et affichage de la vitesse, moteur à courant continu, hacheur et fonctionnement global. Les compétences évaluées associent modélisation, calculs électriques et mécaniques, lecture de courbes et réalisation de tracés.

### Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Avec une impulsion par tour, la fréquence de rotation de la roue est nR = fP = 1/TR.
- Pour une roue de diamètre d, v = 3,6 π d nR en km/h ; ici le sujet donne v = 7,46 nR.
- Pour un moteur à courant continu, U = E + rI et, à flux constant, E = kΩ tandis que TEM = kI.
- Pour un hacheur série idéal, la tension moyenne appliquée au moteur est = α UB.

### Points de vigilance & attentes du jury

- Respecter les unités et convertir les tours par minute en tours par seconde ou en radians par seconde avant les calculs.
- Pour les signaux périodiques, placer précisément les fronts et respecter la durée de conduction correspondant au rapport cyclique.
- Lire la fréquence de coupure au niveau de la baisse de 3 dB par rapport au gain maximal, en tenant compte de l'échelle logarithmique.
- Donner les résultats avec au plus trois chiffres significatifs et compléter les documents réponse demandés.

## Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

**Q : Comment relier la fréquence des impulsions du capteur à la vitesse du vélo ?**

Le capteur envoie une impulsion par tour de roue, donc fP = nR = 1/TR. Pour le diamètre de roue donné, la vitesse en km/h est v = 7,46 nR, avec nR exprimé en tours par seconde.

**Q : Comment déterminer la puissance utile et le rendement du moteur ?**

Calculer d'abord E avec U = E + rI, puis la puissance utile par Pu = EI puisque le sujet ne retient que les pertes par effet Joule. La puissance absorbée est Pa = UI et le rendement vaut Pu/Pa.

**Q : Quels documents réponse faut-il compléter et remettre ?**

Il faut rendre les documents réponse 1 et 2. Ils servent aux tracés du monostable, des schémas équivalents et du signal du hacheur, à la commande du hacheur ainsi qu'au tableau du fonctionnement du vélo.

**Q : Quelle convention faut-il respecter pour les résultats numériques ?**

Le préambule précise que les données ont au moins trois chiffres significatifs et demande des résultats avec trois chiffres significatifs au plus. Il faut aussi conserver les unités et expliciter les conversions utiles.

**Sujet officiel associé (PDF) :** https://btsati.fr/assets/annales/bts-ati/E3.2 - Sciences physiques/2009/BTS ATI - E3.2 - Sciences physiques - Session 2009 - 1-Sujet.pdf

**Ressources BTS Assistance Technique d\ :** Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

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.