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

Sous-épreuve – U32 – Sciences physiques

Session 2019 • Code sujet : **ATPHY** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude du moteur à courant continu (7 questions) **Page 3**

2. Étude de la commande du moteur (6 questions) **Page 6**

3. Étude de la carte capteur (13 questions) **Page 10**

4. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 14**

Sujet officiel (PDF) : https://btsati.fr/assets/annales/bts-ati/E3.2 - Sciences physiques/2019/BTS ATI - E3.2 - Sciences physiques - Session 2019 - 1-Sujet.pdf

1. Étude du moteur à courant continu

Le robot RICA IV doit franchir des obstacles et des fosses grâce à ses motoréducteurs à courant continu. À partir des données des modèles proposés, du rendement et des caractéristiques des roues, l'étude porte sur le choix d'un motoréducteur et la vérification de ses performances.

Question Q1. Parmi les motoréducteurs du tableau, sélectionner le modèle répondant au besoin d'un couple d'au moins 6,0 N·m pour une vitesse de rotation de sortie de 17 tr·min⁻¹, en justifiant le choix.

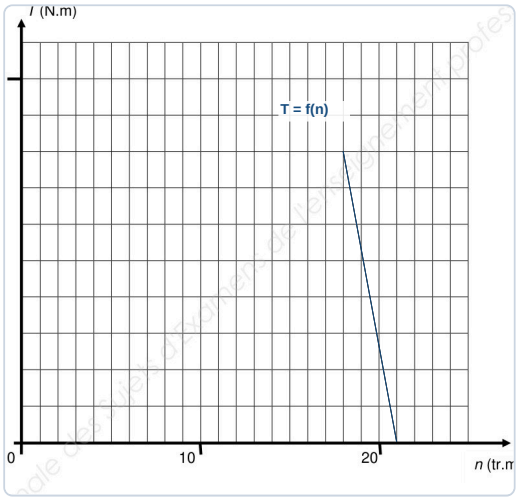
Le modèle 1/6 ne fournit que 0,43 N·m. Le modèle 1/216 ne peut pas atteindre 17 tr·min⁻¹, sa vitesse à vide étant de 14 tr·min⁻¹. Le 1/144 fournit 8,0 N·m à 18 tr·min⁻¹ : c'est le seul modèle adapté au besoin.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Choix : MR 752 52 1/144.

Question Q2. Tracer sur le document réponse n° 1 la caractéristique mécanique T = f(n) du motoréducteur MR 752 52 1/144 alimenté sous une tension continue de 24 V.

La caractéristique est tracée comme une droite reliant le point à vide (21 tr·min⁻¹ ; 0 N·m) au point indiqué dans le tableau pour le modèle 1/144 (18 tr·min⁻¹ ; 8,0 N·m). La droite est reportée sur le document réponse.

Caractéristique mécanique du motoréducteur

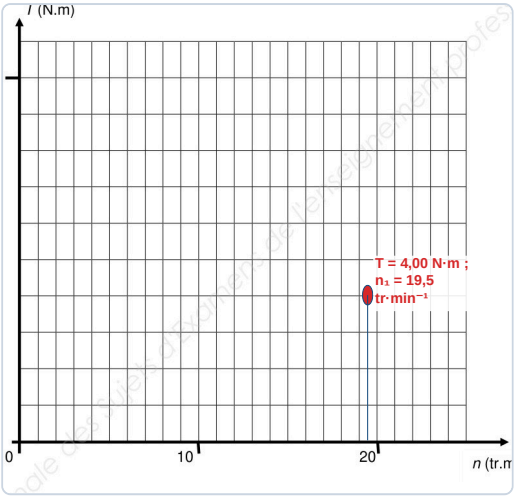


> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Droite reliant (21 tr·min⁻¹ ; 0 N·m) et (18 tr·min⁻¹ ; 8,0 N·m).

Question Q3. Sur le document réponse n° 1, déterminer graphiquement la fréquence de rotation n_1 du motoréducteur correspondant à un couple utile Tu = 4,00 N·m.

Pour T_u = 4,00 N·m, la lecture à l'intersection avec la caractéristique donne la fréquence correspondante. Le point de lecture et sa projection sur l'axe des fréquences sont reportés sur le document réponse.

Lecture graphique de n_1



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$n_1 = 19{,}5$ tr·min^{-1}.

Question Q4. Déduire la puissance utile Pu du motoréducteur.

La puissance utile est donnée par $P_u = T_u\omega$, avec $\omega = 2\pi n_1/60$. Ainsi, $P_u = 4{,}00 \times 2\pi \times 19{,}5/60 = 8{,}17$ W.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$P_u \approx 8{,}17$ W.

Question Q5. Calculer, en tr·min^{-1}, la vitesse de rotation du moteur nmot.

Le rapport de réduction vaut $r = n_r/n_{mot}$. Donc $n_{mot} = n_r/r = 19{,}5/(1/144) = 2\,808$ tr·min^{-1}.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$n_{mot} = 2\,808$ tr·min^{-1}.

Question Q6. Vérifier que la puissance absorbée Pa par le motoréducteur est de 13,6 W.

Le rendement vérifie $\eta = P_u/P_a$, donc $P_a = P_u/\eta$. Avec $P_u = 8{,}168$ W et $\eta = 0{,}60$, on obtient $P_a = 13{,}61$ W, soit 13,6 W à la précision demandée.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$P_a \approx 13{,}6$ W.

Question Q7. Calculer la vitesse v du robot pour la fréquence de rotation n_1 et vérifier qu'elle est comprise entre 0,090 m·s⁻¹ et 0,100 m·s⁻¹.

Le rayon des roues vaut R = 94/2 = 47 mm = 0,047 m. Avec n_1 = 19,5 tr·min⁻¹, v = R × 2πn_1/60 = 0,0960 m·s⁻¹. La vitesse calculée se situe bien dans l'intervalle demandé.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> v ≈ 0,096 m·s⁻¹, dans l'intervalle [0,090 ; 0,100] m·s⁻¹.

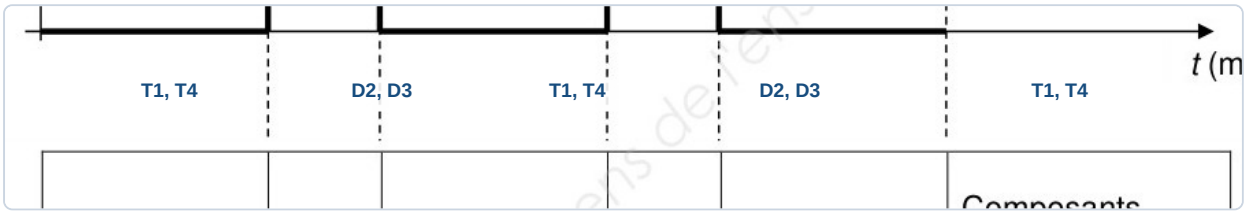
2. Étude de la commande du moteur

Le moteur à courant continu du robot est alimenté par un hacheur quatre quadrants sous 24 V afin de faire varier sa vitesse et son sens de rotation. À partir du schéma et des signaux de commande fournis, il faut identifier les composants conducteurs, tracer la tension aux bornes du moteur et relier le rapport cyclique au sens de marche.

Question Q8. Compléter le tableau du document réponse n° 2 en indiquant le nom des composants qui conduisent.

Le courant imposé est positif, de gauche à droite dans le moteur. Pendant les intervalles où C1 et C4 sont à l'état haut, T1 et T4 conduisent et alimentent le moteur. Quand C2 et C3 sont à l'état haut, le courant se maintient dans le même sens grâce aux diodes D2 et D3. Le document présente cinq intervalles successifs : les deux configurations se répètent en alternance, en commençant par C1 et C4 à l'état haut.

Composants conducteurs dans les cinq intervalles



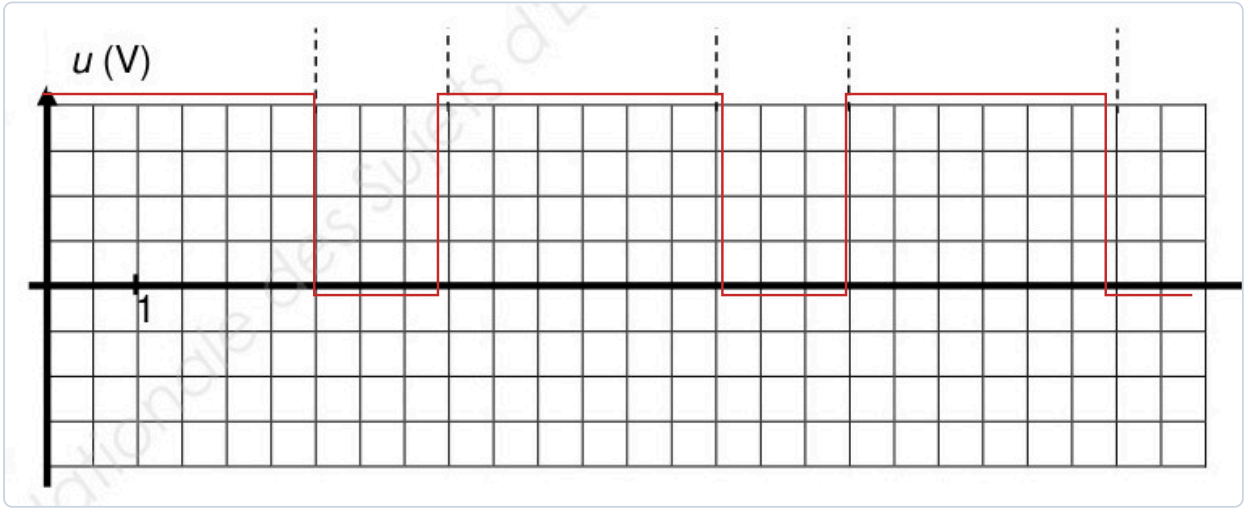
✓ RÉPONSE À RETENIR

Dans l'ordre des cinq intervalles : T1 et T4 ; D2 et D3 ; T1 et T4 ; D2 et D3 ; T1 et T4.

Question Q9. Tracer sur le document réponse n° 2 la tension u(t) aux bornes du moteur.

Avec C1 et C4 à l'état haut, T1 et T4 imposent une tension moteur de +24 V. Lorsque C2 et C3 sont à l'état haut, le courant positif passe par D2 et D3 et la tension vaut −24 V. Il faut donc tracer un créneau à deux niveaux, en respectant les instants de commutation figurant sur les signaux : niveau positif pendant les états hauts de C1 et C4, niveau négatif pendant leurs états bas.

Tension u(t) du moteur



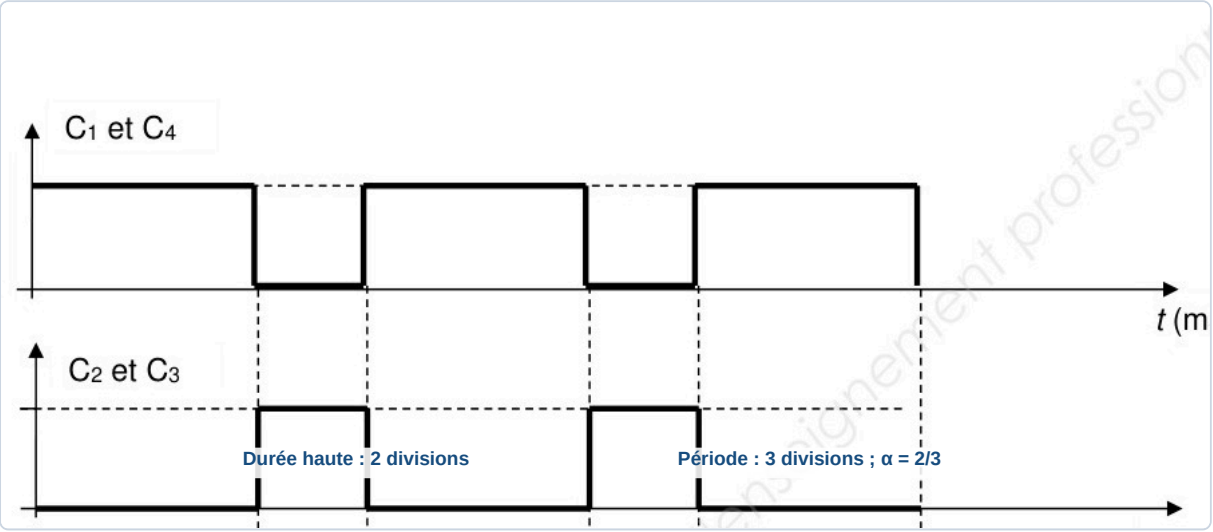
✓ RÉPONSE À RETENIR

Tracer u(t) entre +24 V et −24 V, positive pendant les états hauts de C1-C4 et négative pendant leurs états bas.

Question Q10. Déterminer la valeur du rapport cyclique α à partir du document réponse n° 2.

Le rapport cyclique est la durée de l'état haut divisée par la période du signal de commande. Sur le document réponse, C1 et C4 restent à l'état haut pendant deux divisions, puis sont à l'état bas pendant une division. La période vaut donc trois divisions au total. Ainsi, $\alpha = \frac{t_{haut}}{T} = \frac{2}{3}$. Le rapport cyclique est sans unité.

Durée haute et période du signal de commande



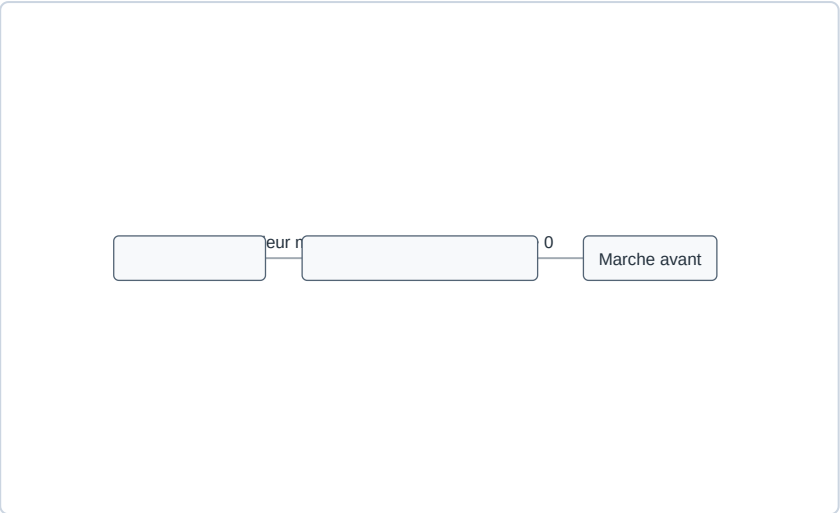
✓ RÉPONSE À RETENIR

$\alpha = \frac{2}{3} \approx 0{,}67$, soit environ 67 %.

Question Q11. Justifier, avec ou sans calcul, si la valeur moyenne de la tension u(t) est positive ou négative, puis en déduire le sens de marche du robot, avant ou arrière.

La tension vaut +24 V pendant deux tiers de la période et −24 V pendant le tiers restant. Sa valeur moyenne est donc $\langle u \rangle = 24 \times \frac{2}{3} - 24 \times \frac{1}{3} = +8\,\text{V}$. Elle est positive. En fonctionnement établi, une tension moyenne positive entraîne une vitesse positive du robot, conformément à la définition de la marche avant donnée dans le sujet.

Tension moyenne et sens de marche



Une tension moyenne positive correspond à une vitesse positive et à la marche avant.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$\langle u \rangle = +8\,\text{V}$: le robot est en marche avant.

Question Q12. Déterminer les valeurs limites du rapport cyclique α pour lesquelles le robot fait marche arrière.

Sur une période, la tension prend les valeurs +24 V pendant la fraction α, puis −24 V pendant la fraction $1-\alpha$. Ainsi, $\langle u \rangle = 24\alpha - 24(1-\alpha) = 24(2\alpha - 1)$. La marche arrière correspond à une vitesse négative, donc à une tension moyenne négative : il faut $2\alpha - 1 < 0$. À la limite $\alpha = 0{,}5$, la tension moyenne est nulle.

Domaines du rapport cyclique et sens de marche



Le signe de la tension moyenne change au seuil α = 0,5.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Marche arrière pour $0 \leq \alpha < 0{,}5$. À $\alpha = 0{,}5$, la tension moyenne est nulle.

Question Q13. Les signaux de commande permettent de faire varier le rapport cyclique α de 0 à 1. Indiquer l'intérêt de cette variation.

Faire varier α modifie la valeur moyenne de la tension appliquée au moteur. Cela permet de régler sa vitesse. Lorsque α passe de part et d'autre de 0,5, la tension moyenne change de signe et le sens de rotation s'inverse. La variation du rapport cyclique permet donc de commander la vitesse du robot ainsi que ses marches avant et arrière.

Commande du moteur par le rapport cyclique



Le rapport cyclique agit sur la vitesse et le sens de rotation du moteur.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Faire varier α permet de régler la vitesse et d'inverser le sens de rotation du moteur.

3. Étude de la carte capteur

Un détecteur infrarouge composé d'une DEL et d'un phototransistor repère le passage des dents de la courroie et fournit des informations sur le déplacement du robot. L'étude analyse le signal du phototransistor, son traitement par deux étages à amplificateur opérationnel et l'identification des passages de dents à partir des signaux obtenus.

Étude de l'étage 1

Question Q14. Indiquer quel est le type du phototransistor TS.

Sur le schéma de l'étage 1, l'émetteur du phototransistor TS est relié à la masse et son collecteur est relié à l'alimentation par l'intermédiaire de R1. Cette disposition correspond à un transistor bipolaire NPN. Le capteur optique commande le courant collecteur par la lumière reçue, sans modifier le type du transistor.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Phototransistor NPN.

Question Q15. À partir du tracé ic = f(d), déterminer la distance optimale de détection.

Le sujet précise que la réflexion est optimale lorsque le courant collecteur est maximal. Il faut donc repérer le sommet de la courbe $i_c = f(d)$, puis lire la distance correspondante sur l'axe horizontal gradué en millimètres. Le maximum se trouve entre 7 et 8 mm, proche du repère 8 mm.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Distance optimale : environ 8 mm.

Question Q16. Donner le nom du montage réalisé par ALI1 et la relation entre sa tension de sortie vs1 et la tension vce.

La sortie de l'ALI1 est reliée à son entrée inverseuse, tandis que v_{ce} est appliquée à l'entrée non-inverseuse. Cette contre-réaction négative réalise un suiveur de tension. Comme l'ALI est parfait et fonctionne en régime linéaire, ses tensions d'entrée sont égales : la tension de sortie reproduit donc la tension appliquée à l'entrée non-inverseuse.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Suiveur de tension : $v_{s1} = v_{ce}$.

Question Q17. Déterminer, en justifiant, la relation entre les courants i1 et ic.

Le courant i_1 traverse R1 et arrive au nœud relié au collecteur du phototransistor et à l'entrée non-inverseuse de l'ALI1. Un ALI parfait ne consomme aucun courant à son entrée. La loi des nœuds impose donc que le courant fourni par R1 traverse le collecteur du TS, avec les sens indiqués sur le schéma.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$i_1 = i_c$.

Question Q18. Lorsque le transistor est saturé, le courant collecteur ic doit être compris entre 0,21 mA et 3 mA, et la tension vcesat vaut 0,3 V. Choisir, parmi les résistances proposées, la valeur de R1 adaptée à un fonctionnement correct.

À la saturation, la tension aux bornes de R1 vaut $U_{alim} - v_{cesat} = 24 - 0,3 = 23,7$ V. Le courant collecteur, égal au courant dans R1, doit rester entre 0,21 et 3 mA. Pour $R_1 = 10$ kΩ, la loi d'Ohm donne $i_c = 23,7/10\,000 = 2,37$ mA : la valeur respecte les deux limites. Les autres choix proposés ne conviennent pas.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Choisir $R_1 = 10$ kΩ.

Question Q19. Décrire comment varie la tension vs1 lorsqu'une dent s'approche du capteur et justifier la réponse.

Quand une dent s'approche, la réflexion infrarouge devient optimale et le courant collecteur atteint son maximum. Comme $i_1 = i_c$, le courant dans R1 augmente aussi, donc la chute de tension aux bornes de R1 augmente. La tension collecteur-émetteur v_{ce} diminue alors. L'ALI1 étant monté en suiveur, sa sortie v_{s1} diminue également.

✓ RÉPONSE À RETENIR

v_{s1} diminue à l'approche d'une dent.

Étude de l'étage 2

Question Q20. Donner le mode de fonctionnement de l'ALI2 en justifiant le choix.

La sortie de l'ALI2 est renvoyée à son entrée non-inverseuse par R4 : cette rétroaction est positive. Un comparateur muni d'une rétroaction positive bascule entre ses niveaux de saturation et présente deux seuils distincts. L'ALI2 ne fonctionne donc pas en régime linéaire, mais en régime saturé comme un comparateur à hystérésis.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Comparateur à hystérésis, en régime saturé.

Question Q21. Calculer la tension v_2^-.

L'entrée inverseuse est reliée au point commun de R5 et R6. L'entrée de l'ALI étant idéale, aucun courant ne la traverse : ce point est le milieu d'un diviseur de tension entre $U_{alim} = 24$ V et la masse. Ainsi, $v_2^- = U_{alim} R_6/(R_5 + R_6)$, avec les résistances exprimées dans la même unité.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $v_2^- = 9,73$ V.

Question Q22. Démontrer que v_2^+ = (0,69 × vs1) + (0,31 × vs2).

L'entrée non-inverseuse de l'ALI2 ne consomme aucun courant. La loi des nœuds en ce point donne $(v_2^+ - v_{s1})/R_3 + (v_2^+ - v_{s2})/R_4 = 0$. En isolant v_2^+, on obtient $v_2^+ = (R_4 v_{s1} + R_3 v_{s2})/(R_3 + R_4)$. Avec $R_3 = 1,0$ kΩ et $R_4 = 2,2$ kΩ, les coefficients s'arrondissent à 0,69 et 0,31.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $v_2^+ = 0,69 v_{s1} + 0,31 v_{s2}$.

Question Q23. À partir de la caractéristique de transfert Vs2 = f(Vs1) du document réponse n° 3, donner les valeurs des deux seuils de basculement : le seuil bas SB et le seuil haut SH.

Sur la caractéristique de transfert, la transition lorsque v_{s1} augmente se produit à 14 V : c'est le seuil haut. Lorsque v_{s1} diminue, la sortie rebascule à 3,2 V : c'est le seuil bas. Les valeurs se lisent directement sur l'axe horizontal du document réponse n° 3.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Seuil bas : $S_B = 3,2$ V. Seuil haut : $S_H = 14$ V.

Question Q24. Vérifier les valeurs des seuils de basculement à l'aide des résultats des questions Q21 et Q22.

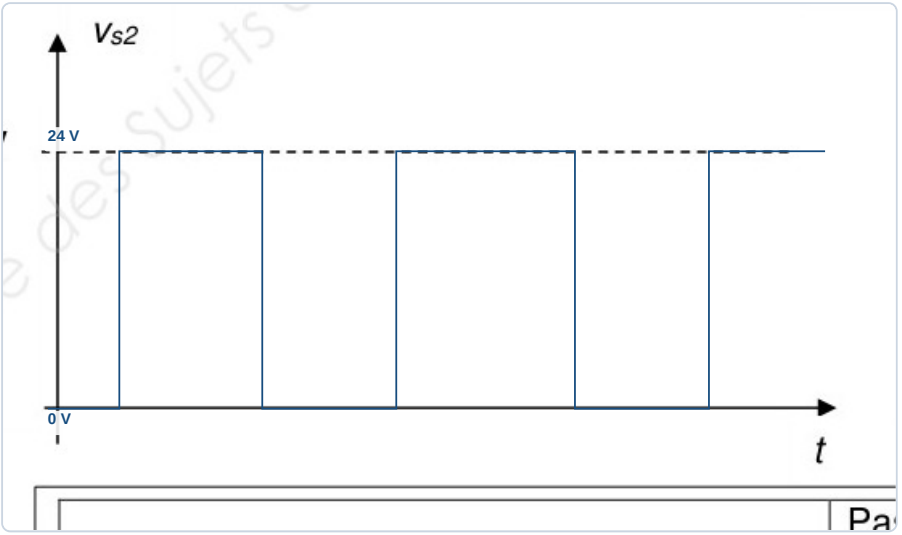
Au basculement, $v_2^+ = v_2^-$, avec $v_2^- = 24 \times 15/(22 + 15)$ V et $v_2^+ = 0,6875 v_{s1} + 0,3125 v_{s2}$. Pour une entrée croissante, la sortie est d'abord à 0 V : on obtient le seuil haut. Pour une entrée décroissante, la sortie est à 24 V : on obtient le seuil bas. Ces calculs confirment les lectures du graphe.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $S_B \approx 3,24$ V et $S_H \approx 14,15$ V, soit environ 3,2 V et 14 V.

Question Q25. À partir du tracé de vs1(t) et de la caractéristique de transfert, tracer vs2(t) sur la figure 1 du document réponse n° 3.

Au départ, v_{s1} est inférieur au seuil haut et $v_{s2} = 0$ V. À chaque franchissement de 14 V par v_{s1} en montée, la sortie passe à 24 V. Elle reste à ce niveau lorsque l'entrée redescend sous 14 V, puis revient à 0 V lorsque v_{s1} passe sous 3,2 V. Le tracé respecte ces deux seuils d'hystérésis.

Signal de sortie vs2(t) complété



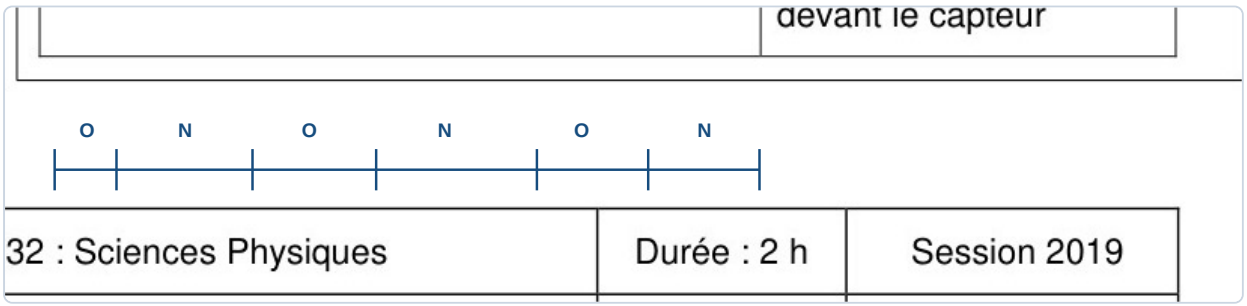
✓ RÉPONSE À RETENIR

Tracer v_{s2} entre 0 et 24 V : bascule à 14 V en montée et à 3,2 V en descente.

Question Q26. Sur la figure 2 du document réponse n° 3, indiquer les intervalles où une dent passe devant le capteur. Noter O pour une réflexion optimale et N dans le cas contraire.

Le document indique qu'une dent produit une réflexion optimale et donc un courant collecteur maximal. D'après l'étage 1, cette situation correspond à une tension v_{s1} basse. Sur la figure 2, inscrire O pendant les portions basses du signal $v_{s1}(t)$, et N pendant ses portions hautes. Le signal commence bas et se termine haut.

Intervalles de passage des dents



✓ RÉPONSE À RETENIR

De gauche à droite : O, N, O, N, O, N.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2019)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de Sciences physiques du BTS Assistance Technique d'Ingénieur, sous-épreuve U32, appartient à la session 2019, code ATPHY, durée deux heures, coefficient 2. Sur le thème du robot RICA IV, elle évalue le choix et les performances d'un motoréducteur, l'analyse d'un hacheur quatre quadrants et l'étude d'un capteur infrarouge avec ses circuits à amplificateurs opérationnels.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La puissance mécanique de rotation se calcule par P = T × ω, avec des unités cohérentes.
- Le rapport de réduction relie les fréquences par r = nr/nmot.
- La vitesse du robot est v = R × Ωr, où R est le rayon de la roue.
- Un comparateur à hystérésis possède deux seuils de basculement : un seuil haut et un seuil bas.

Points de vigilance & attentes du jury

- Vérifier les unités et convertir les fréquences avant de calculer puissance ou vitesse.
- Lire les axes et les graduations avant de relever une valeur sur un graphique.
- Pour le hacheur, déterminer les composants conducteurs avant de tracer u(t).
- Respecter le sens des basculements entre seuil bas et seuil haut dans les tracés temporels.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la puissance utile à partir du couple et de la fréquence de rotation ?

Utilisez P = T × ω, avec T en N·m et ω en rad·s⁻¹. Pour une fréquence n en tr·min⁻¹, convertissez-la en tr·s⁻¹, puis calculez ω = 2πn.

Q : Comment déterminer la vitesse du robot à partir de la rotation des roues ?

Convertissez la fréquence des roues en vitesse angulaire avec Ωr = 2πnr, après avoir exprimé nr en tr·s⁻¹. Calculez ensuite v = R × Ωr avec le rayon R en mètres.

Q : Comment répartir le temps entre les parties de l'épreuve ?

L'épreuve dure deux heures et les parties A, B et C valent respectivement 5, 4,5 et 10,5 points. Répartissez le temps en tenant compte de ces pondérations et gardez quelques minutes pour vérifier calculs, unités et tracés.

Q : Que faut-il soigner dans les calculs et les tracés demandés ?

Le sujet demande des justifications, des calculs et des tracés sur les documents réponse. Présentez les étapes utiles, identifiez clairement les grandeurs et les niveaux de tension, et indiquez les composants conducteurs et les seuils.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsati.fr/assets/annales/bts-ati/E3.2 - Sciences physiques/2019/BTS ATI - E3.2 - Sciences physiques - Session 2019 - 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.