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

Électronique

Session 2002 • Code sujet : **Non indiqué** • Durée : **Non indiquée**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Régime des amplificateurs opérationnels AO1 et AO2** (1 question) — Page 3
2. **Photodiode face à la ligne blanche** (4 questions) — Page 4
3. **Photodiode à l'extérieur de la ligne blanche** (3 questions) — Page 5
4. **Porte logique NOR** (1 question) — Page 6
5. **Amplificateurs opérationnels AO3, AO4 et AO5** (3 questions) — Page 7
6. **Transistors de commande des relais** (3 questions) — Page 9
7. **Commande du moteur par un hacheur** (8 questions) — Page 10
8. **Récapitulatif du fonctionnement du véhicule** (1 question) — Page 14
9. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — Page 15

Sujet officiel (PDF) : https://btsati.fr/assets/annales/bts-ati/E3.2 - Sciences physiques/2002/BTS ATI - E3.2 - Sciences physiques - Session 2002 - 1-Sujet.pdf

1. Régime des amplificateurs opérationnels AO1 et AO2

Le sujet présente un véhicule autonome qui suit une bande blanche grâce à deux photodiodes et à des moteurs. Le schéma étudie la chaîne électronique associant amplificateurs opérationnels, porte NOR, transistors, relais et hacheurs.

Question 1. **Déterminer le régime de fonctionnement des amplificateurs opérationnels AO1 et AO2 et justifier la réponse.**

Sur le schéma, AO1 et AO2 n'ont pas de rétroaction entre leur sortie et leurs entrées. Ils fonctionnent donc en boucle ouverte : le signe de la différence de tension entre les entrées fixe leur état de saturation, à 0 V ou +5 V.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> AO1 et AO2 fonctionnent en régime saturé, en boucle ouverte.

2. Photodiode face à la ligne blanche

La photodiode D1, polarisée en inverse, fournit un courant qui dépend de l'éclairement reçu. Pour un éclairement de 10 000 lx, le réseau de caractéristiques et le schéma du circuit permettent de déterminer les tensions, le signe de ε1 et la sortie V1.

Éclairement de 10 000 lx

Question 2.1. **Calculer la tension V_R1 lorsque la photodiode reçoit un éclairement de 10 000 lx.**

À 10 000 lx, le graphe donne un courant de photodiode de 1,0 mA. Avec R1 = 3 kΩ, la loi d'Ohm donne $V_{R1} = R_1 I_1 = 3,0\ \text{V}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_{R1} = 3,0\ \text{V}$

Question 2.2. **Calculer la tension V_R3.**

R2 et R3 forment un diviseur entre 5 V et la masse. Comme elles sont égales, la tension aux bornes de R3 est la moitié de l'alimentation : $V_{R3} = 5 \times \frac{3}{3+3} = 2,5\ \text{V}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_{R3} = 2,5\ \text{V}$

Question 2.3. **Déterminer le signe de ε1.**

Sur le schéma, l'entrée non-inverseuse d'AO1 reçoit V_{R3} et l'entrée inverseuse reçoit V_{R1}. Ainsi, $\varepsilon_1 = V_{R3} - V_{R1} = 2,5 - 3,0 = -0,5\ \text{V}$, donc son signe est négatif.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\varepsilon_1 < 0$

Question 2.4. **En déduire la valeur de V1.**

AO1 fonctionne en comparateur. Puisque $\varepsilon_1 < 0$, sa sortie atteint la saturation basse, donnée comme 0 V.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_1 = 0\ \text{V}$

3. Photodiode à l'extérieur de la ligne blanche

À l'extérieur de la ligne, l'éclairement de la photodiode est considéré comme nul, tout comme le courant qui la traverse. Il faut alors calculer une tension du circuit, déterminer le signe de ε1 et en déduire la sortie V1.

Éclairement nul

Question 3.1. Calculer la tension V_R1 lorsque l'éclairement est nul et que le courant de la photodiode est considéré comme nul.

À éclairement nul, le courant de la photodiode est nul. Donc aucun courant ne traverse R1 et, par la loi d'Ohm, $V_{R1} = R_1 I = 3\,000 \times 0 = 0\,\text{V}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_{R1} = 0\,\text{V}$

Question 3.2. Déterminer le signe de ε1.

Le pont R2-R3 est alimenté sous 5 V. Comme $R_2 = R_3 = 3\,\text{k}\Omega$, le schéma donne $V_{R3} = 5 \times \frac{3}{3+3} = 2{,}5\,\text{V}$. L'entrée non-inverseuse de AO1 est reliée à V_{R3}, et l'entrée inverseuse à $V_{R1} = 0\,\text{V}$. Ainsi, $\varepsilon_1 = V_+ - V_- = 2{,}5 - 0 > 0$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\varepsilon_1 > 0$: signe positif.

Question 3.3. En déduire la valeur de V1.

AO1 fonctionne en comparateur. Avec $\varepsilon_1 > 0$, sa sortie atteint la saturation positive. La tension de saturation haute indiquée dans le sujet est $+5\,\text{V}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $V_1 = +5\,\text{V}$

4. Porte logique NOR

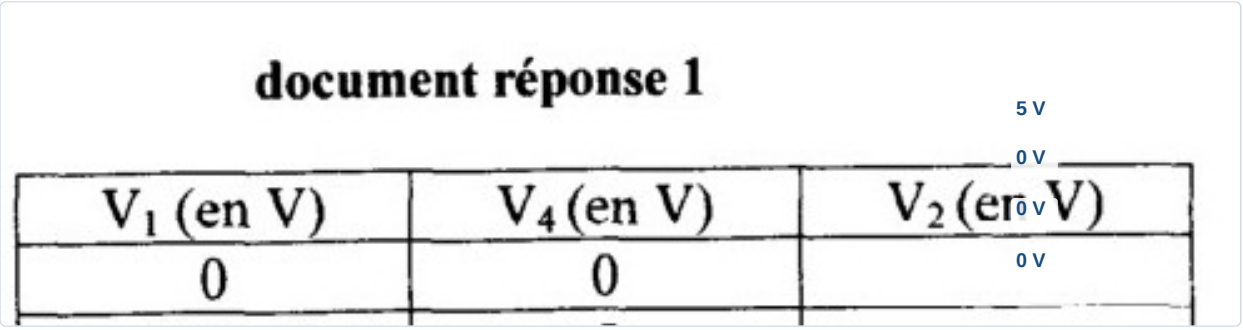
Le circuit utilise une porte NOR pour traiter les signaux de commande. Le document réponse 1 fournit les combinaisons d'entrées V1 et V4 auxquelles il faut associer la sortie V2.

Question 4. Compléter le tableau de la porte NOR sur le document réponse 1.

Une porte NOR donne 5 V uniquement lorsque ses deux entrées sont à 0 V. Pour toute autre combinaison, la sortie vaut 0 V.

V_1 (V)	V_4 (V)	V_2 (V)
0	0	5
0	5	0
5	0	0
5	5	0

Document réponse 1 complété



✓ RÉPONSE À RETENIR

Pour les entrées (V_1, V_4) = (0, 0), (0, 5), (5, 0), (5, 5), les sorties V_2 sont respectivement 5 V, 0 V, 0 V et 0 V.

5. Amplificateurs opérationnels AO3, AO4 et AO5

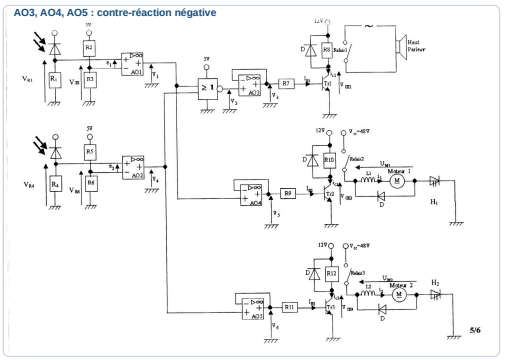
Les amplificateurs AO3, AO4 et AO5 interviennent dans la commande des étages de puissance du véhicule. L'analyse de leur fonctionnement et des relations entre les tensions d'entrée et de sortie permet d'identifier le type de montage.

Question 5.1. **Déterminer le régime de fonctionnement des amplificateurs opérationnels AO3, AO4 et AO5 et justifier la réponse.**

Sur le schéma, la sortie de chacun des AO3, AO4 et AO5 est renvoyée sur son entrée inverseuse : c'est une contre-réaction négative. Chaque sortie s'ajuste alors pour égaliser les tensions aux deux entrées. Ces amplificateurs ne sont donc pas utilisés en comparateurs saturés, mais en régime linéaire, tant que leur sortie reste entre les tensions de saturation indiquées.

- AO3, AO4 et AO5 : régime linéaire.

Régime des amplificateurs



✓ RÉPONSE À RETENIR

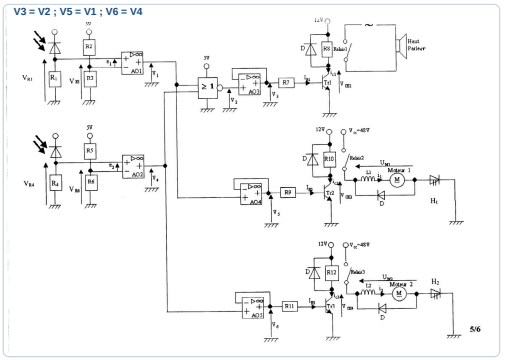
AO3, AO4 et AO5 fonctionnent en régime linéaire grâce à leur contre-réaction négative.

Question 5.2. **Déterminer les relations entre V3 et V2, entre V5 et V1, puis entre V6 et V4.**

Les trois amplificateurs sont montés avec une contre-réaction négative. Pour un amplificateur opérationnel parfait en régime linéaire, les tensions de ses entrées sont égales. La sortie est donc égale à la tension appliquée à l'entrée non-inverseuse de chaque étage.

On obtient ainsi : $\mathbf{V_3 = V_2}$, $\mathbf{V_5 = V_1}$ et $\mathbf{V_6 = V_4}$.

Relations entre entrées et sorties



✓ RÉPONSE À RETENIR

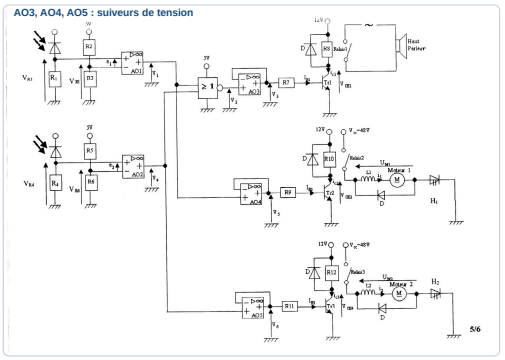
$V_3 = V_2$; $V_5 = V_1$; $V_6 = V_4$.

Question 5.3. **À partir des relations obtenues, donner le nom de ce type de montage.**

Dans chacun des trois étages, la sortie est renvoyée sur l'entrée inverseuse et le signal à recopier est appliqué à l'entrée non-inverseuse. Les relations obtenues montrent que le gain en tension vaut 1 : la sortie reproduit l'entrée sans amplification ni inversion.

> Ce montage est un suiveur de tension, aussi appelé suiveur à gain unitaire. Il permet notamment une adaptation d'impédance entre étages.

Nom du montage



✓ RÉPONSE À RETENIR

Montages suiveurs de tension à gain unitaire.

6. Transistors de commande des relais

Trois transistors identiques fonctionnent en commutation pour commander des relais inductifs de résistance interne égale à 600 Ω. Les données de gain et de saturation servent à identifier le type de transistor, calculer les courants et déterminer les résistances maximales de commande.

Question 6.1. **Identifier le type de transistor bipolaire utilisé.**

Sur le schéma, l'émetteur de chaque transistor est relié à la masse et le collecteur commande le relais côté alimentation positive. Une base positive par rapport à l'émetteur permet donc la conduction : ce montage utilise des transistors NPN.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Tr1, Tr2 et Tr3 sont des transistors bipolaires NPN.

Question 6.2. **En régime de saturation, calculer le courant I_Csat puis déterminer la valeur minimale du courant I_Bsat,min assurant la saturation.**

En saturation, le relais de 600 Ω est alimenté sous 12 V et le transistor présente une tension collecteur-émetteur de 0,4 V. Ainsi, $I_{C\text{sat}} = (12 - 0,4)/600 = 0,0193\ \text{A}$.

Avec $\beta = 150$, le courant de base minimal assurant la saturation est $I_{B\text{sat,min}} = I_{C\text{sat}}/\beta = 0,0193/150 = 1,29 \times 10^{-4}\ \text{A}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $I_{C\text{sat}} = 19,3\ \text{mA}$ et $I_{B\text{sat,min}} = 0,129\ \text{mA}$.

Question 6.3. **Dans les conditions de saturation, déterminer les valeurs maximales des résistances R7, R9 et R11.**

Pour garantir la saturation, chaque résistance de base limite le courant à sa valeur minimale. La tension à ses bornes est $5 - 0,7 = 4,3\ \text{V}$.

Résistance	Tension de commande	Valeur maximale
R7	5 V	33,4 kΩ
R9	5 V	33,4 kΩ
R11	5 V	33,4 kΩ

Pour chaque voie, $R_{\text{max}} = 4,3/I_{B\text{sat,min}} \approx 33,4\ \text{k}\Omega$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $R7_{\text{max}} = R9_{\text{max}} = R11_{\text{max}} \approx 33,4\ \text{k}\Omega$.

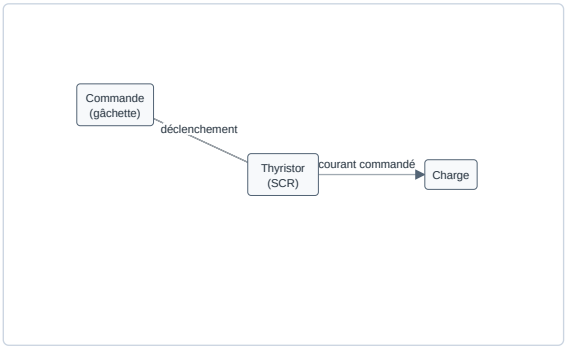
7. Commande du moteur par un hacheur

Le moteur à excitation séparée est alimenté par un hacheur à transistor, avec une diode idéale et un courant d'induit ininterrompu. Les deux états de l'interrupteur permettent d'établir la tension moyenne appliquée au moteur et d'en déduire sa vitesse.

Question 7.1. **Citer un autre composant électronique pouvant être utilisé comme interrupteur électronique commandable.**

Un thyristor (SCR) est un interrupteur commandable : une impulsion sur sa gâchette déclenche sa conduction. Il reste passant tant que le courant ne descend pas sous son courant de maintien.

Commande d'un thyristor



La gâchette déclenche la conduction du thyristor.

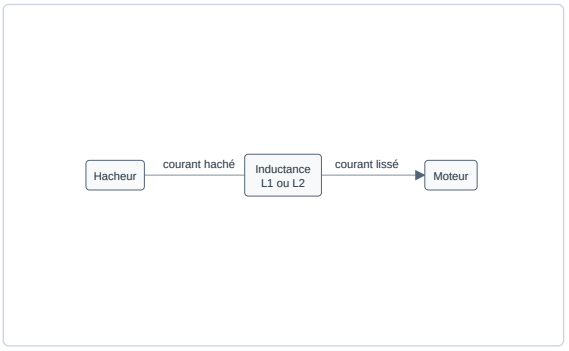
✓ RÉPONSE À RETENIR

Un thyristor (SCR) peut remplacer le transistor comme interrupteur électronique commandable.

Question 7.2. **Indiquer l'utilité des inductances L1 et L2.**

L1 et L2 stockent puis restituent de l'énergie magnétique. Elles s'opposent aux variations rapides du courant et en réduisent l'ondulation. Elles contribuent ainsi à maintenir le courant d'induit ininterrompu, hypothèse retenue pour l'étude du hacheur.

Lissage du courant par une inductance



L'inductance réduit les variations du courant moteur.

✓ RÉPONSE À RETENIR

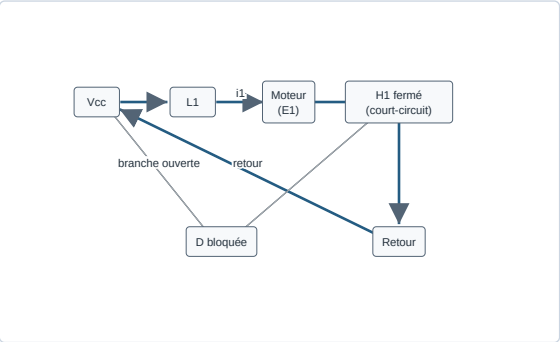
L1 et L2 lissent le courant moteur et contribuent à le maintenir ininterrompu.

H1 fermé, 0 < t < αT

Question 7.3a. **Dessiner le schéma équivalent lorsque H1 est fermé et justifier ce schéma.**

1. H1 fermé est assimilé à un court-circuit ; le courant circule de la source dans L1 et le moteur, puis revient par H1.
2. La diode D est bloquée : la tension à ses bornes la polarise en inverse.

Schéma équivalent, H1 fermé



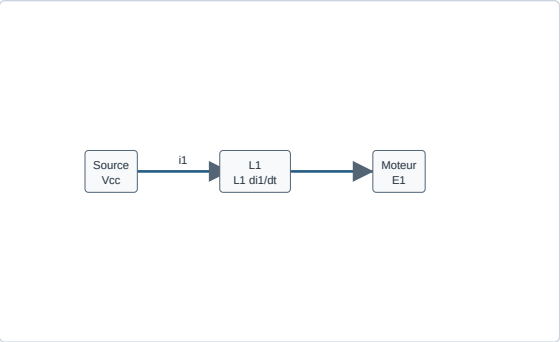
La branche L1-moteur-H1 conduit ; la diode de roue libre est bloquée.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> H1 est un court-circuit dans la branche de puissance ; D est bloquée.

Question 7.3b. Écrire la relation entre Vcc, L1, i1 et E1 lorsque H1 est fermé.

La loi des mailles dans la branche conductrice donne la somme de la tension aux bornes de L1 et de la force contre-électromotrice E1 égale à la tension d'alimentation. Avec le sens de courant indiqué : $V_{cc} = L_1 \frac{di_1}{dt} + E_1$.

Loi des mailles lorsque H1 est fermé



La tension de source équilibre les tensions de L1 et du moteur.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> H1 fermé : $V_{cc} = L_1 \frac{di_1}{dt} + E_1$.

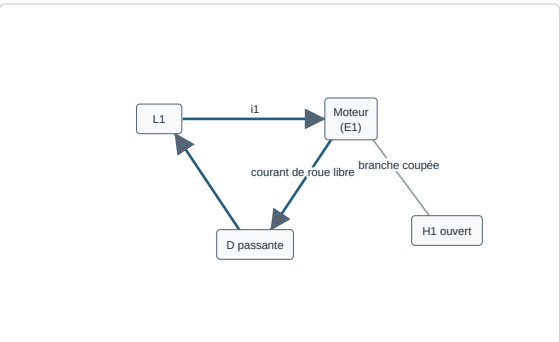
H1 ouvert, αT < t < T

Question 7.4a. Établir le schéma équivalent lorsque H1 est ouvert.

À l'ouverture de H1, le courant d'induit ne peut pas s'annuler instantanément. La diode idéale devient donc passante et assure sa continuité.

1. Retirer H1 de la boucle conductrice.
2. Fermer la boucle de roue libre par D : le courant circule dans L1, le moteur et D.

Schéma équivalent, H1 ouvert



D ferme le circuit de roue libre ; H1 ne conduit pas.

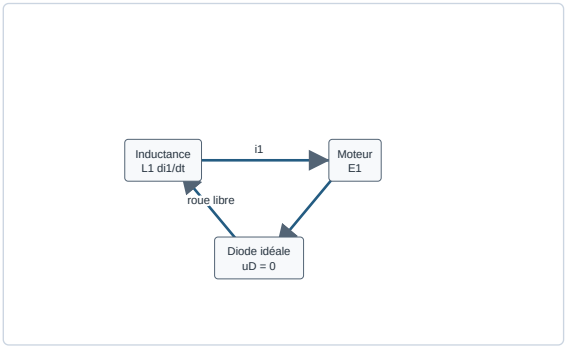
✓ RÉPONSE À RETENIR

H1 est ouvert ; D conduit et ferme la boucle de roue libre avec L1 et le moteur.

Question 7.4b. Écrire la relation entre L1, i1 et E1 lorsque H1 est ouvert.

Dans la boucle de roue libre, la diode idéale a une tension nulle. La loi des mailles donne alors $L_1 \frac{di_1}{dt} + E_1 = 0$. Le courant diminue pendant cette phase, ce qui correspond à $\frac{di_1}{dt} < 0$.

Tensions dans la boucle de roue libre



La somme des tensions de la maille est nulle.

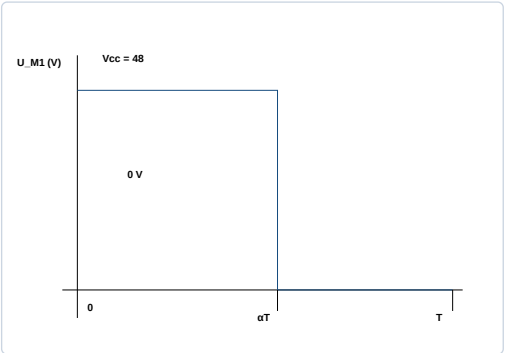
✓ RÉPONSE À RETENIR

H1 ouvert : $L_1 \frac{di_1}{dt} + E_1 = 0$, soit $L_1 \frac{di_1}{dt} = -E_1$.

Question 7.5. Représenter l'allure de U_M1(t) pendant une période, puis montrer que sa valeur moyenne sur une période T vérifie <U_M1> = α·Vcc.

Sur la branche comprenant L1 et le moteur, $U_{M1} = V_{cc}$ pendant $0 < t < \alpha T$, puis $U_{M1} = 0$ pendant $\alpha T < t < T$. La moyenne sur une période vaut donc $\langle U_{M1} \rangle = \frac{1}{T}[V_{cc}(\alpha T) + 0 \times ((1-\alpha)T)] = \alpha V_{cc}$. Avec $V_{cc} = 48\,\text{V}$, elle vaut $48\alpha\,\text{V}$.

Tension U_M1 pendant une période



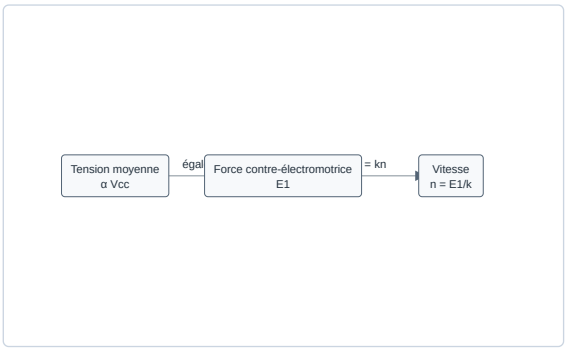
✓ RÉPONSE À RETENIR

U_{M1} vaut 48 V durant αT, puis 0 V ; $\langle U_{M1} \rangle = 48\alpha\,\text{V}$.

Question 7.6. Déterminer la vitesse n en fonction de α, Vcc et k.

La résistance d'induit étant négligée, la tension moyenne appliquée à l'induit est égale à la force contre-électromotrice : $E_1 = \langle U_{M1} \rangle$. Or $E_1 = kn$ et $\langle U_{M1} \rangle = \alpha V_{cc}$. En isolant la vitesse, on obtient $n = \frac{\alpha V_{cc}}{k}$, soit $n = \frac{48\alpha}{k}$ avec la valeur donnée de Vcc.

Relation entre tension moyenne et vitesse



La tension moyenne détermine la force contre-électromotrice, puis la vitesse.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$n = \frac{\alpha V_{cc}}{k} = \frac{48\alpha}{k}$.

8. Récapitulatif du fonctionnement du véhicule

Le document réponse 2 décrit le véhicule à l'extérieur de la bande, à droite, à gauche et au milieu. Pour chaque position, il faut compléter les états des photodiodes, signaux, transistors et relais, puis préciser le fonctionnement des moteurs, de l'alarme et la direction prise.

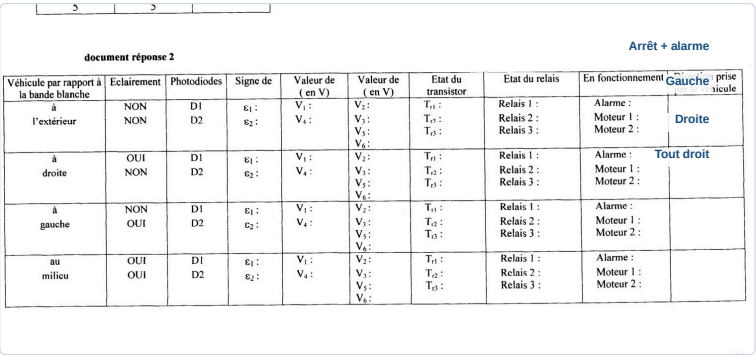
Question 8. Compléter le document réponse 2 pour les quatre positions du véhicule, en indiquant les éclairements, les photodiodes actives, les signes et valeurs des tensions, les états des transistors et relais, le fonctionnement de l'alarme et des moteurs, ainsi que la direction prise.

À 10 000 lx, le courant photoélectrique vaut 1 mA : sur R1 = 3 kΩ, la tension vaut 3 V. Le pont R2-R3 fournit 2,5 V. Ainsi, ε est positif sur la bande et négatif hors bande ; les comparateurs sortent respectivement 5 V et 0 V. La porte NOR active l'alarme lorsque les deux capteurs sont hors bande.

Position	Éclairement D1 / D2 (lx)	Photodiodes éclairées	ε1	ε2	V1 (V)	V4 (V)	V2 (V)	V3 (V)	V5 (V)	V6 (V)	Transistors	Relais 1 / 2 / 3	Alarme	Mot
À l'extérieur	0 / 0	Aucune	−	−	0	0	5	5	0	0	Tr1 saturé ; Tr2 et Tr3 bloqués	Activé / au repos / au repos	Active	Arrê
À droite	10 000 / 0	D1	+	−	5	0	0	0	5	0	Tr1 bloqué ; Tr2 saturé ; Tr3 bloqué	Au repos / activé / au repos	Inactive	En mar
À gauche	0 / 10 000	D2	−	+	0	5	0	0	0	5	Tr1 et Tr2 bloqués ; Tr3 saturé	Au repos / au repos / activé	Inactive	Arrê
Au milieu	10 000 / 10 000	D1 et D2	+	+	5	5	0	0	5	5	Tr1 bloqué ; Tr2 et Tr3 saturés	Au repos / activé / activé	Inactive	En mar

Les moteurs M1 et M2 sont respectivement à droite et à gauche du véhicule : un seul moteur en marche le fait tourner du côté opposé.

Directions à inscrire dans le document réponse 2



✓ RÉPONSE À RETENIR

Extérieur : arrêt, alarme active. À droite : tourne à gauche. À gauche : tourne à droite. Au milieu : avance tout droit.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2002)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve d'électronique, intitulée « TRANSPORT DE MARCHANDISE », étudie un véhicule autonome guidé par une bande blanche. La session, le code, la durée et le coefficient ne sont pas indiqués. Les huit parties évaluent l'analyse de photodiodes, d'amplificateurs opérationnels, d'une porte NOR, de transistors et de relais, puis la commande d'un moteur par hacheur et le fonctionnement global du véhicule.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Une photodiode polarisée en inverse fournit un courant lié à l'éclairement reçu.
- Une porte NOR délivre 1 uniquement lorsque toutes ses entrées valent 0.
- En saturation, le transistor nécessite un courant de base suffisant pour commander le relais.
- Pour le hacheur étudié, la tension moyenne du moteur vérifie = α·Vcc.

Points de vigilance & attentes du jury

- Lire le courant de photodiode sur la caractéristique correspondant à l'éclairement donné.
- Repérer sur le schéma les entrées, sorties et contre-réactions avant de déterminer le régime des amplificateurs.
- Respecter les valeurs de saturation et vérifier le courant de base minimal demandé.
- Distinguer les deux phases du hacheur et indiquer les niveaux de tension sur toute la période.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment exploiter le réseau de caractéristiques de la photodiode ?

Repérez la courbe correspondant à l'éclairement donné, puis lisez le courant associé à la tension de la photodiode. Utilisez ensuite la loi d'Ohm pour les résistances du circuit, en respectant les polarités indiquées sur le schéma.

Q : Comment déterminer le régime d'un amplificateur opérationnel dans ce montage ?

Observez le schéma et la présence d'une contre-réaction. En régime linéaire avec contre-réaction négative, le modèle idéal conduit à des tensions d'entrée égales; sinon, la sortie peut atteindre une tension de saturation.

Q : Le sujet indique-t-il une durée, un coefficient ou une répartition des points ?

Aucune durée, aucun coefficient ni barème n'est imprimé dans les pages fournies. Le sujet comporte huit parties numérotées; répartissez donc le temps selon le nombre et la difficulté des tâches, sans supposer de pondération.

Q : Que faut-il représenter dans les schémas équivalents du hacheur ?

Remplacez H1 par son état fermé ou ouvert selon la phase, puis représentez le trajet du courant dans les éléments encore actifs, notamment la diode. Indiquez les polarités utiles pour établir les relations électriques demandées.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsati.fr/assets/annales/bts-ati/E3.2 - Sciences physiques/2002/BTS ATI - E3.2 - Sciences physiques - Session 2002 - 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.