



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)

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## Assistance Technique d'Ingénieur

### ÉPREUVE E3 – Mathématiques physiques

### Sous-épreuve – U32 – Sciences physiques

SESSION 2019

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

**Matériel autorisé :**

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

**Documents à rendre avec la copie :**

- DOCUMENT RÉPONSE N°1 page 10
- DOCUMENT RÉPONSE N°2 page 11
- DOCUMENT RÉPONSE N°3 page 12

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

**S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour résoudre les questions posées. Il justifiera, alors, clairement et précisément ces hypothèses.**

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2019
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 1 sur 12

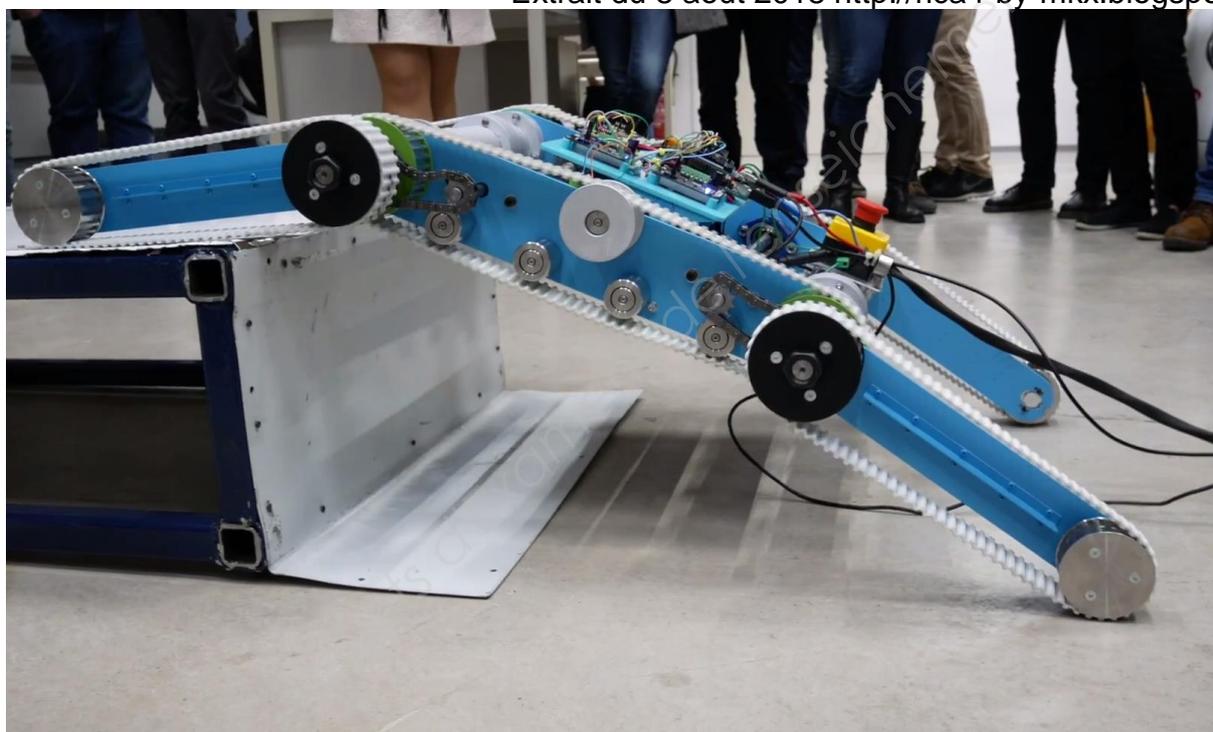
# PROTOTYPE ROBOT RICA IV

## Introduction.

L'objet de cette étude porte sur une partie du fonctionnement du prototype RICA IV (Robot pour l'Investigation des Cellules Aveugles), élaboré par l'IMT Mines Alès pour le CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives).

Les bras à l'avant et à l'arrière du robot lui permettent de monter les obstacles et de franchir les fosses qui se trouveront sur son passage. Ce robot sert au démantèlement des cellules aveugles, sortes de pièces où la radioactivité est élevée et dont l'accès est interdit aux humains.

Extrait du 8 août 2018 <http://rica4-by-mkx.blogspot.com>



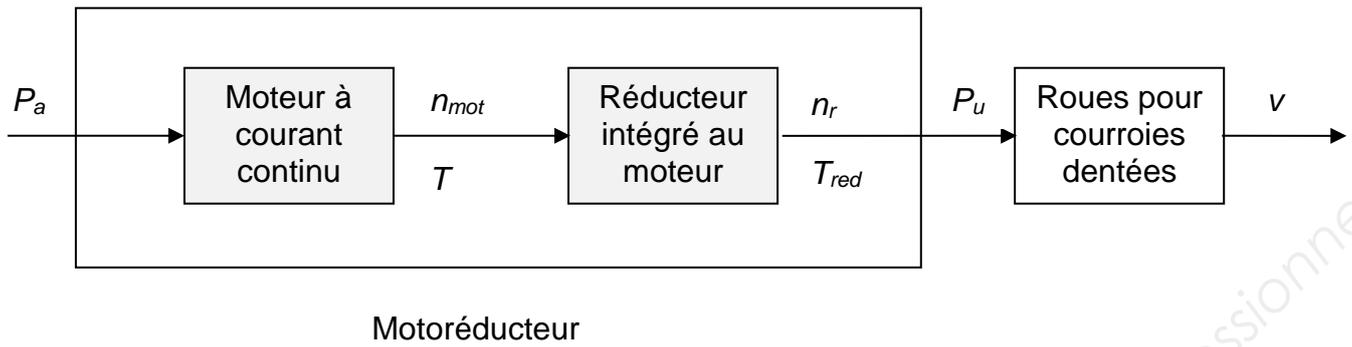
Le sujet comporte 3 parties indépendantes.

- Partie A. ÉTUDE DU MOTEUR A COURANT CONTINU (5 points)
- Partie B. ÉTUDE DE LA COMMANDE DU MOTEUR (4,5 points)
- Partie C. ÉTUDE DE LA CARTE CAPTEUR (10,5 points)

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2019
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 2 sur 12

**Partie A. Étude du moteur à courant continu.**

**(5 points)**



On donne :

$r = n_r / n_{mot}$  rapport de réduction:  $r$   
fréquence de rotation du moteur ( $\text{tr.s}^{-1}$ ) :  $n_{mot}$   
fréquence de rotation des roues ( $\text{tr.s}^{-1}$ ) :  $n_r$

$v = R \times \Omega_r$  vitesse angulaire de rotation des roues ( $\text{rad.s}^{-1}$ ) :  $\Omega_r$   
vitesse du robot ( $\text{m.s}^{-1}$ ) :  $v$   
rayon des roues (m) :  $R$

Le diamètre des roues est de 94 mm

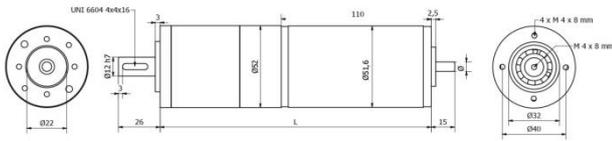
$\eta = 60\%$  rendement du motoréducteur

La motorisation est importante pour permettre le franchissement d'obstacles et de fosses.

Les 4 motoréducteurs fonctionnent indépendamment les uns des autres. L'étude suivante porte sur un de ces motoréducteurs (S1).

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2019
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 3 sur 12

Pour la motorisation, il a été choisi des motoréducteurs à courant continu à aimant permanent pour faire fonctionner les chenilles.



TYPE	$r$	vitesse à vide $\text{tr.min}^{-1}$	vitesse de S1 $\text{tr.min}^{-1}$	$T$ N.m	$T_{max}$ N.m	$I_{max}$ A
MR 752 52 1/6	1/6	440	380	0,43	3	7
MR 752 52 1/144	1/144	21	18	8,0	36	4,7
MR 752 52 1/216	1/216	14	11	13,5	36	3,3

$r$  : rapport de réduction.

$T$  : moment du couple mécanique de S1.

$T_{max}$  : moment du couple mécanique maximal.

Le test de charge du motoréducteur S1 a été réalisé sous un courant de 1,5 A à la température de 70°C.

Il a été choisi, en gardant une marge de sécurité suffisante, de dimensionner le motoréducteur afin de franchir correctement les obstacles envisagés. Pour cela, il faut que le moment de couple mécanique du motoréducteur  $T_{red}$  soit au moins de 6,0 N.m pour une vitesse de rotation  $n_r$  de 17  $\text{tr.min}^{-1}$ .

- Q1.** Parmi les motoréducteurs donnés dans le tableau ci-dessus, sélectionner le type de motoréducteur en justifiant votre choix.
- Q2.** Faire le tracé de la caractéristique mécanique  $T = f(n)$  du motoréducteur MR 752 52 1/144 sous une tension continue de 24 V sur le **document réponse N°1 page 10**.
- Q3.** Sur le **document réponse N°1 page 10**, déterminer graphiquement la valeur de la fréquence de rotation  $n_1$  du motoréducteur pour un moment du couple utile  $T_u = 4.00$  N.m.
- Q4.** En déduire la puissance utile  $P_u$  du motoréducteur.
- Q5.** Calculer en  $\text{tr.min}^{-1}$  la vitesse de rotation du moteur  $n_{mot}$ .
- Q6.** Vérifier que la puissance absorbée  $P_a$  par le motoréducteur est alors de 13,6 W.
- Q7.** Calculer la vitesse  $v$  du robot pour la fréquence de rotation  $n_1$  et vérifier qu'elle est comprise entre 0,090  $\text{m.s}^{-1}$  et 0,100  $\text{m.s}^{-1}$ .

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2019
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 4 sur 12

**Partie B. Étude de la commande du moteur.**

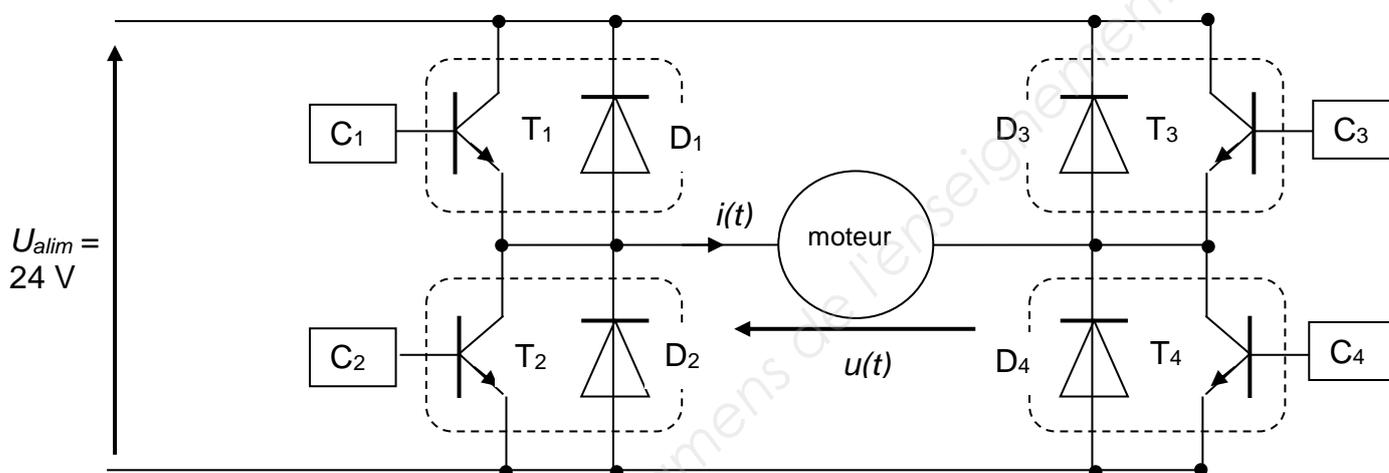
**(4,5 points)**

La carte de commande doit permettre la variation de vitesse et le changement du sens de rotation du moteur.

La **marche avant** est obtenue lorsque la vitesse  $v$  du robot est positive.

La **marche arrière** est obtenue lorsque la vitesse est négative.

Pour cela on alimente le moteur par l'intermédiaire d'un hacheur 4 quadrants représenté ci-dessous :



On étudiera le cas où l'intensité fournie au moteur est  $i(t) > 0A$ .

Les diodes  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  et  $D_4$  sont supposées parfaites.

Les transistors  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  et  $T_4$  sont supposés parfaits ( $V_{cesat} = 0 V$  en régime saturé) et fonctionnent en commutation (bloqués ou saturés).

On supposera que les commandes  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  et  $C_4$  des transistors sont celles données sur le **document réponse N°2 page 11**. Elles proviennent d'une carte électronique programmable pour le pilotage du robot.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2019
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 5 sur 12

- Q8.** Remplir le tableau sur le **document réponse N°2 page 11**, en donnant le nom des composants qui conduisent.
- Q9.** Faire le tracé de la tension  $u(t)$  aux bornes du moteur sur le **document réponse N°2 page 11**.
- Q10.** Déterminer la valeur du rapport cyclique  $\alpha$  grâce au **document réponse N°2 page 11**.
- Q11.** Justifier, avec ou sans calcul, que la valeur moyenne  $\langle u \rangle$  de la tension  $u(t)$  est positive ou négative et en déduire le sens de marche (avant ou arrière) du robot.
- Q12.** Déterminer les valeurs limites du rapport cyclique  $\alpha$  pour lesquelles le robot fait marche arrière.
- Q13.** Grâce aux signaux de commande, on peut faire varier le rapport cyclique  $\alpha$  de 0 à 1. Indiquer quel est l'intérêt de faire varier le rapport cyclique.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2019
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 6 sur 12

**Partie C. Étude de la carte capteur.**

**(10,5 points)**

Les capteurs utilisés sont des détecteurs infrarouge IR de proximité. Ils sont composés d'une diode électroluminescente (DEL) et d'un phototransistor silicium (TS), montés côte à côte sur des axes optiques convergents dans un boîtier en plastique noir.

Le phototransistor possède une tension de saturation  $v_{cesat} = 0,3 \text{ V}$ .

Ces capteurs sont utilisés à proximité des courroies dentées de déplacement comme codeurs pour donner des informations de déplacement précises. La DEL émet un rayon IR pour détecter le passage des dents de la courroie.

Ils vont permettre de mesurer le déplacement du robot.

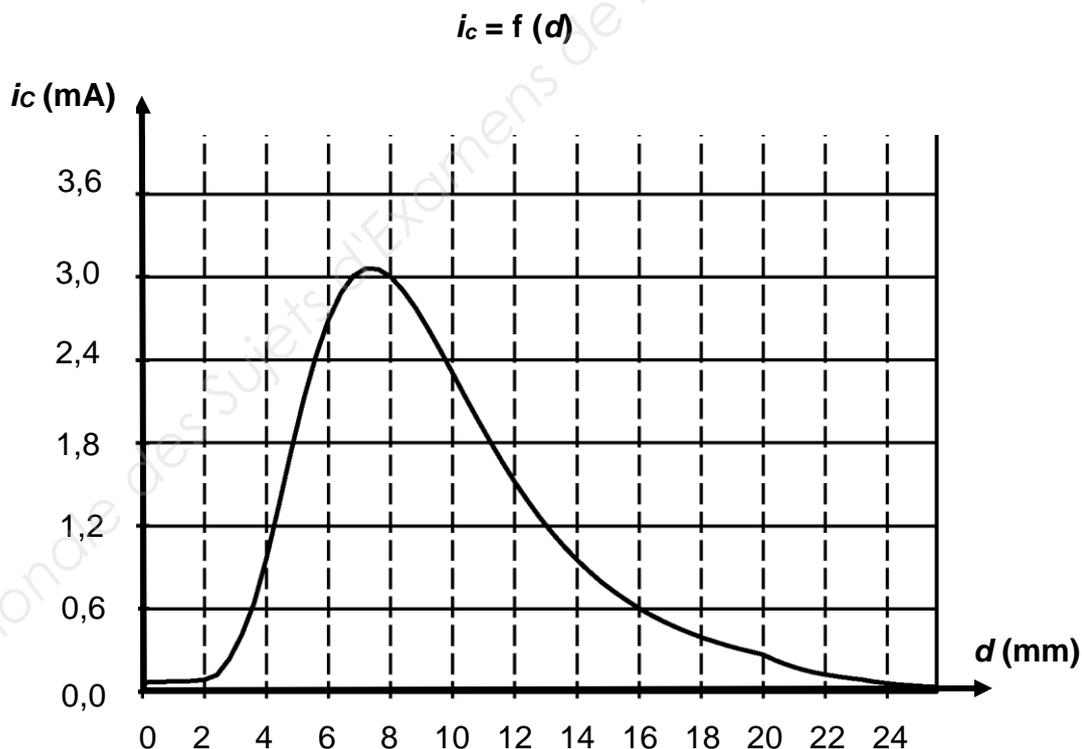
La vitesse réelle du robot sera alors comparée avec la vitesse souhaitée et elle sera réglée en conséquence au moyen d'une régulation tout ou rien.

On représente ci-après les valeurs du courant collecteur  $i_c$  en fonction de la distance  $d$  entre le capteur et la surface réfléchissante:  $i_c = f(d)$ .

Comme le montre ce tracé :

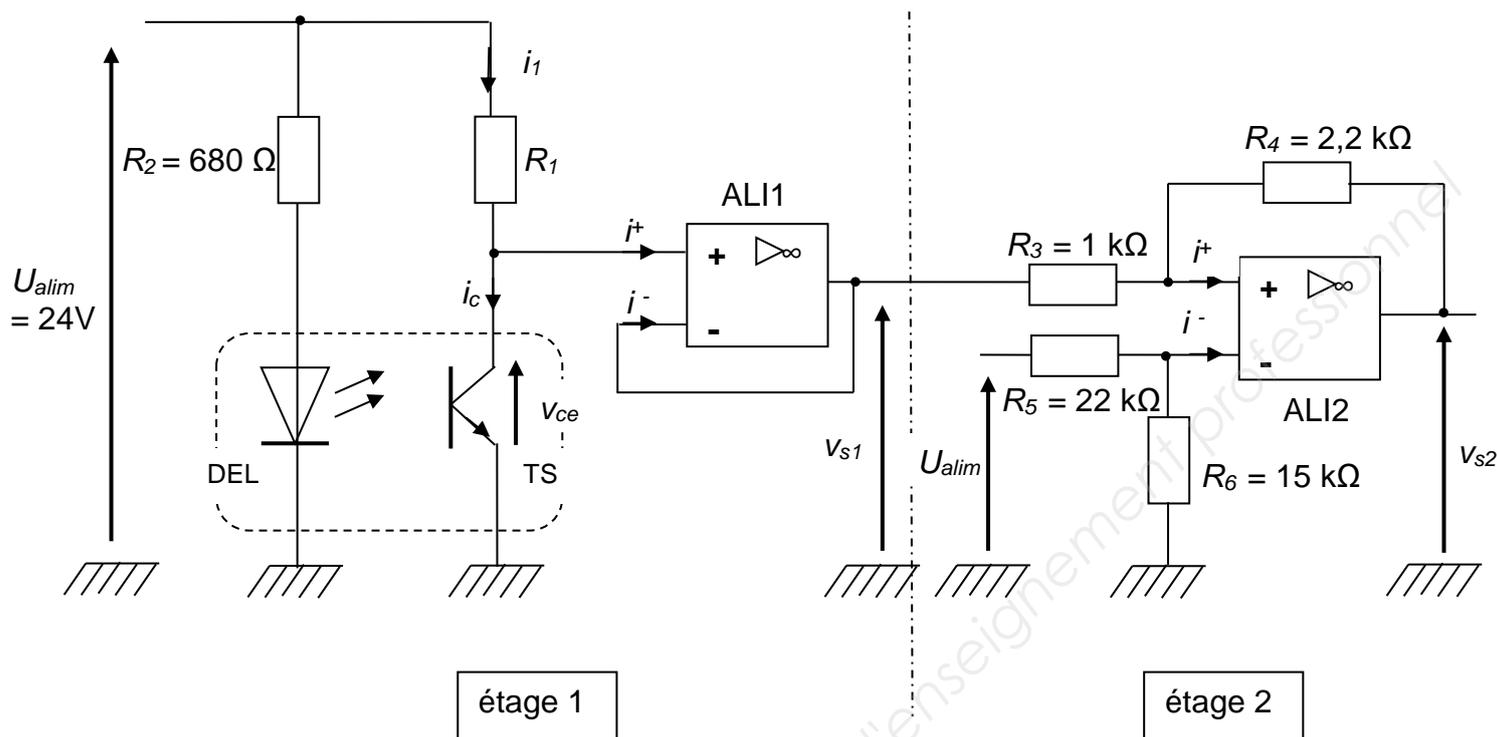
- la réflexion du rayon émis par la DEL est optimale lorsqu'il y a passage d'une dent de la courroie devant le capteur, le courant collecteur  $i_c$  est alors maximal.

- la réflexion est diffuse et le courant  $i_c$  est alors minimal dans le cas contraire.



BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2019
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 7 sur 12

Les amplificateurs linéaires intégrés (ALI1 et ALI2) de la carte capteur sont considérés parfaits et alimentés en +24 V / 0 V.



### Étude de l'étage 1.

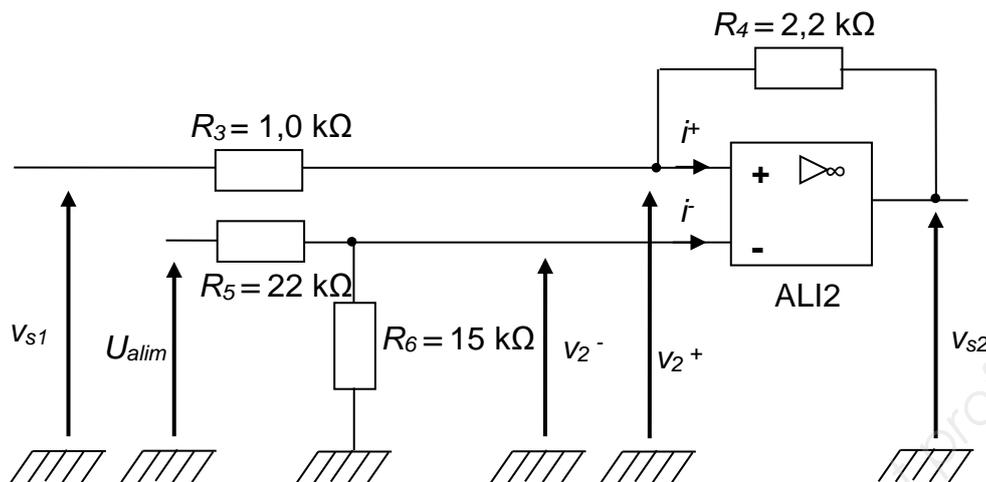
- Q14.** Indiquer quel est le type du phototransistor TS.
- Q15.** D'après le tracé  $i_c = f(d)$ , déterminer la distance optimale de détection.
- Q16.** Donner le nom du montage réalisé par ALI1. Donner la relation entre  $v_{s1}$  et  $v_{ce}$ .
- Q17.** Déterminer en justifiant la relation entre les deux courants  $i_1$  et  $i_c$ .
- Q18.** Lorsque le transistor est saturé, le courant collecteur  $i_c$  doit être compris entre 0,21 mA et 3 mA et la tension  $v_{cesat} = 0,3$  V. Déterminer parmi les résistances données ci-dessous, celle qu'il convient de choisir comme résistance  $R_1$  pour un fonctionnement correct.

56 $\Omega$	100 $\Omega$	2,2 k $\Omega$	10 k $\Omega$	120 k $\Omega$	820 k $\Omega$	4,7 M $\Omega$
-------------	--------------	----------------	---------------	----------------	----------------	----------------

- Q19.** Comment varie la tension  $v_{s1}$  lorsqu'une dent s'approche du capteur ? Justifier.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2019
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 8 sur 12

## Étude de l'étage 2.

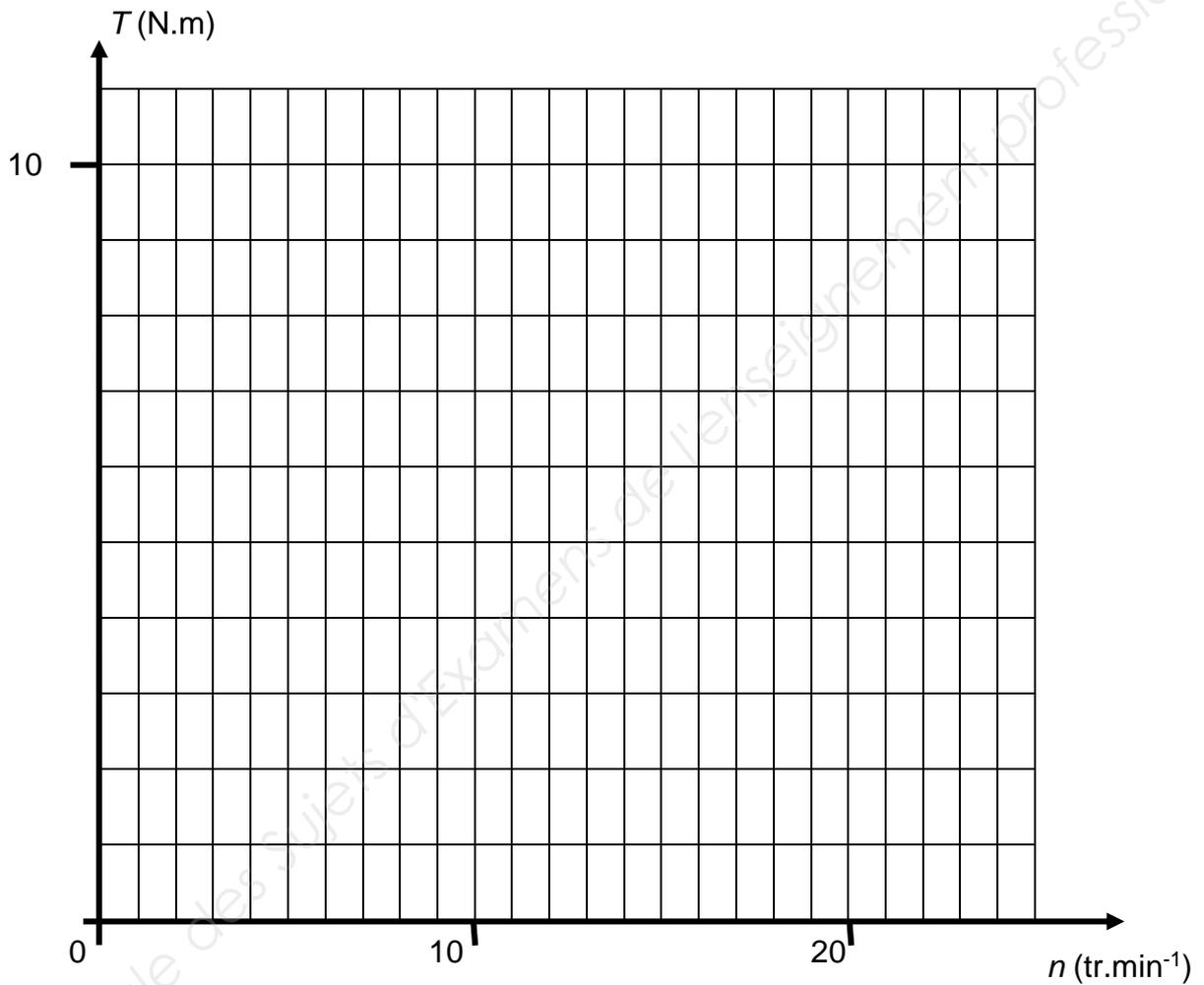


- Q20.** Donner le mode de fonctionnement de ALI2 en justifiant votre choix.
- Q21.** Calculer la tension  $v_2^-$ .
- Q22.** Démontrer que  $v_2^+ = (0,69 \times v_{s1}) + (0,31 \times v_{s2})$ .
- Q23.** D'après la caractéristique de transfert  $V_{s2} = f(V_{s1})$  donnée dans le **document réponse N°3 page 12**, donner les valeurs des 2 seuils de basculement (seuil bas  $S_B$  et seuil haut  $S_H$ ).
- Q24.** Vérifier les valeurs des seuils d'après les questions **Q21** et **Q22**.
- Q25.** Le tracé de  $v_{s1}(t)$  étant donné, tracer  $v_{s2}(t)$  sur la figure 1 du **document réponse N°3 page 12**, en vous aidant de la caractéristique de transfert.
- Q26.** Indiquer sur la figure 2 du **document réponse N°3 page 12**, les intervalles dans lesquels il y a passage d'une dent devant le capteur. Noter O pour oui dans le cas d'une réflexion optimale et N pour non dans le cas contraire.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2019
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 9 sur 12

**DOCUMENT RÉPONSE N°1**  
**À rendre avec votre copie**

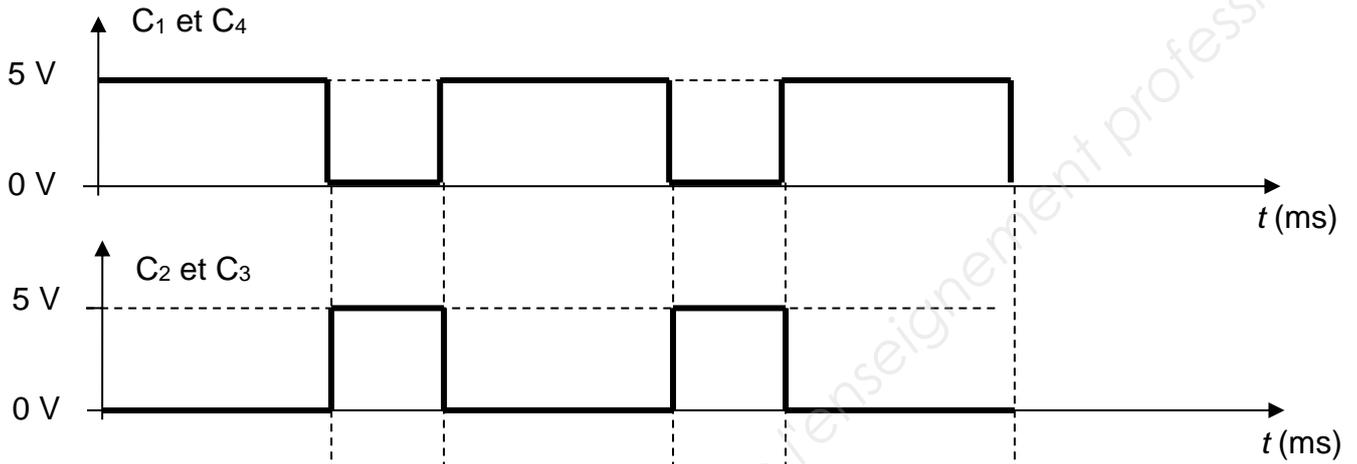
**Q2 et Q3.**



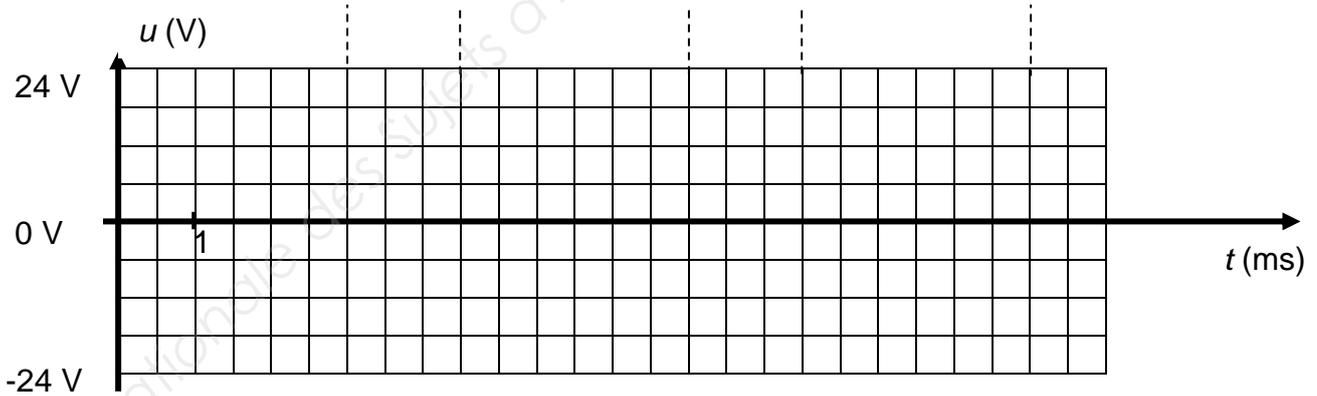
BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2019
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 10 sur 12

**DOCUMENT RÉPONSE N°2**  
**À rendre avec votre copie**

**Q8, Q9 et Q10.**



					Composants qui conduisent
--	--	--	--	--	------------------------------



BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2019
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 11 sur 12

**DOCUMENT RÉPONSE N°3**  
**À rendre avec votre copie**

**Q25 et Q26.** La caractéristique de transfert de l'étage 2 est représentée ci-dessous.

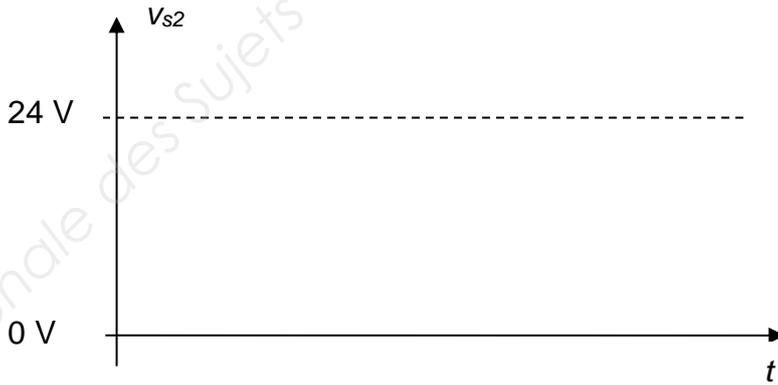
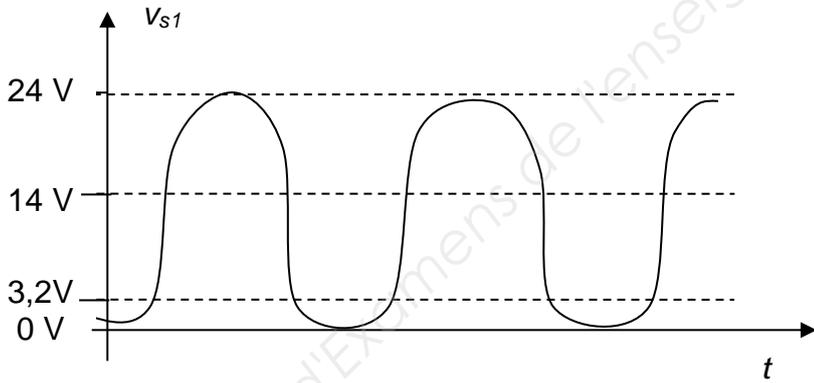
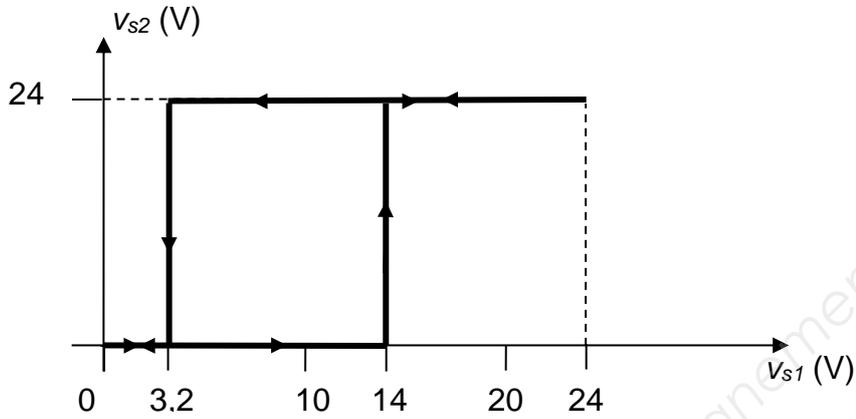


figure 1

figure 2

	Passage d'une dent devant le capteur
--	--------------------------------------

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2019
CODE SUJET : ATPHY	Coefficient : 2	Page 12 sur 12