

## Exercices sur la mise en œuvre des transistors

Ce document est une compilation des exercices posés en devoirs surveillés d'électricité au département Génie Electrique et Informatique Industrielle de l'IUT de Nantes. Ces devoirs se sont déroulés généralement sans documents, sans calculette et *sans téléphone portable...*

Les devoirs d'une durée de 80 min sont notés sur 20 points. Donc chaque point proposé au barème correspond approximativement à une activité de 4 min.

Ces exercices utilisent les connaissances développées dans la ressource [Baselecpro](#) sur le site [IUTenligne](#).

Un corrigé avec barème de correction est remis aux étudiants en sortie du devoir (C'est souvent le seul moment où ils vont réfléchir à ce qu'ils ont su (ou pas su) faire dans ce devoir)

Personnellement, je me refuse à manipuler le barème d'un devoir lors de la correction dans le but d'obtenir une moyenne présentable. (*ni trop ni trop peu...*)

La moyenne d'un devoir doit refléter l'adéquation entre les objectifs de l'enseignant et les résultats des étudiants.

Les documents proposés ici sont délivrés dans un format qui permet tout assemblage/désassemblage ou modification à la convenance de l'utilisateur. Les dessins et les équations ont été réalisés avec Word97.

Nos étudiants disposent d'une masse considérable d'informations sur internet. Les enseignants sont maintenant soucieux de leur apprendre à utiliser intelligemment cet immense champ de connaissance. Ils leur apprennent notamment à citer les sources...

Ressource [ExercicElecPro](#) proposée sur le site Internet [IUTenligne](#)

### Copyright : droits et obligations des utilisateurs

L'auteur ne renonce pas à sa qualité d'auteur et aux droits moraux qui s'y rapportent du fait de la publication de son document. Les utilisateurs sont autorisés à faire un usage non commercial, personnel ou collectif, de ce document notamment dans les activités d'enseignement, de formation ou de loisirs. Toute ou partie de cette ressource ne doit pas faire l'objet d'une vente - en tout état de cause, une copie ne peut pas être facturée à un montant supérieur à celui de son support.

Pour tout extrait de ce document, l'utilisateur doit maintenir de façon lisible le nom de l'auteur *Michel Piou* et la référence au site Internet *IUT en ligne*. La diffusion de toute ou partie de cette ressource sur un site Internet autre que le site IUT en ligne est interdite

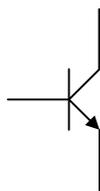
Une version de Baselecpro est disponible sous forme d'un livre aux éditions *Ellipses* dans la collection *Technosup* sous le titre [ÉLECTRICITÉ GÉNÉRALE – Les lois de l'électricité](#)

Michel PIOU - Agrégé de génie électrique – IUT de Nantes – France

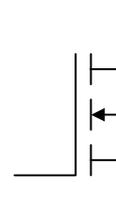
1.	Question de cours (1 pt) .....	1
2.	Point de fonctionnement de la jonction base-émetteur d'un transistor bipolaire (3 pts).....	3
3.	Transistor bipolaire en commutation (sans calculette) (3,5 pts).....	4
4.	Transistor bipolaire en commutation (avec calculette) (3,5 pts).....	5
5.	MOS de puissance en zone ohmique (avec calculette) (4 pts).....	6
6.	Commande d'une LED avec un transistor bipolaire en commutation: (4 pts).....	7
7.	Commande d'un transistor MOS en commutation. Droite de charge (3 pts).....	8
8.	Photo transistor et droite de charge (4 Pts).....	9
9.	Détecteur de lumière à phototransistor (9,5 Pts).....	10
10.	Circuit de commande d'un afficheur 4 chiffres (8 pts).....	13
11.	Commande d'un moteur par un hacheur réversible à 3 transistors (8 pts).....	16

### 1. Question de cours (1 pt)

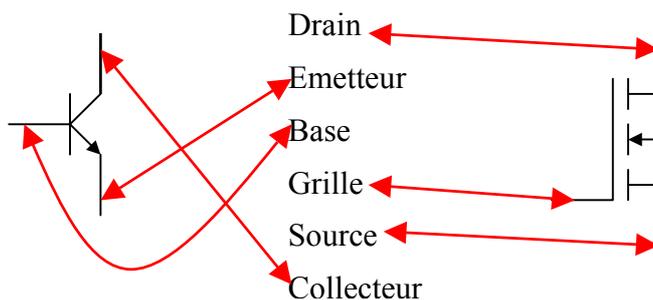
Associer par des flèches les électrodes des transistors avec leur dénomination.



- Drain
- Emetteur
- Base
- Grille
- Source
- Collecteur

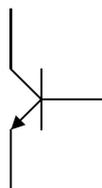


Corrigé :

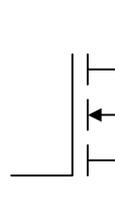


### Variante (1 pt)

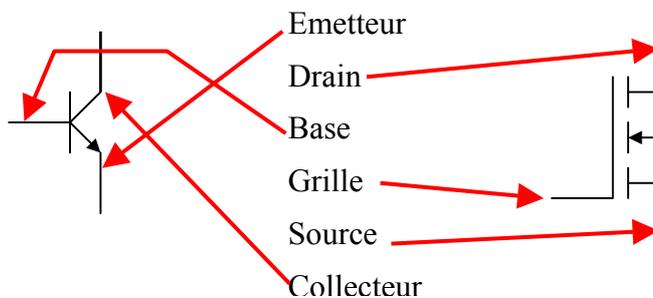
Associer par des flèches les électrodes des transistors avec leur dénomination.



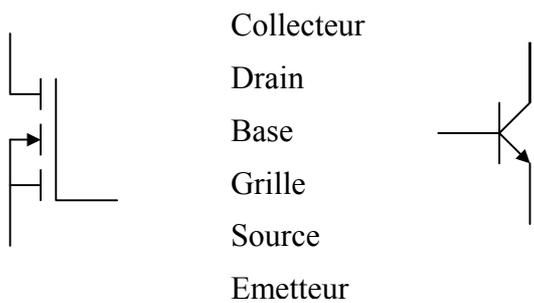
- Emetteur
- Drain
- Base
- Grille
- Source
- Collecteur



Corrigé :

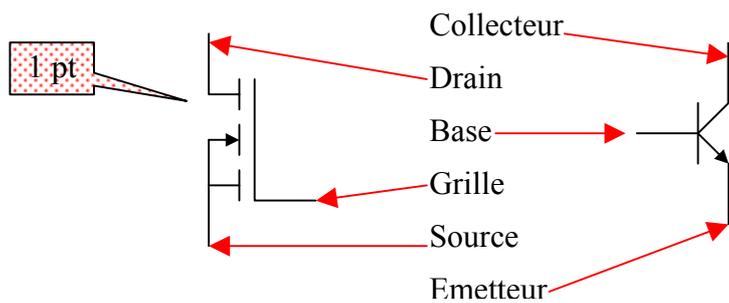


### Variante (1 pt)

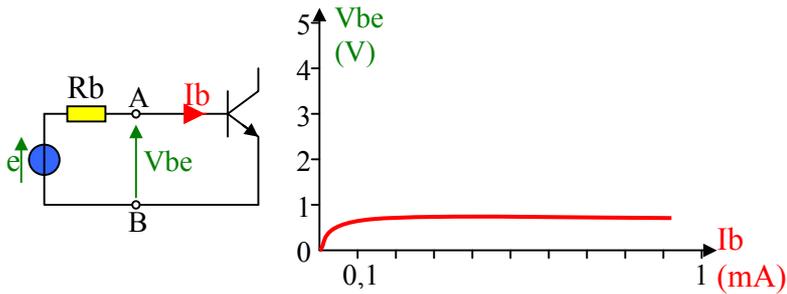


Associer par des flèches les électrodes des transistors avec leur dénomination.

Corrigé :



## 2. Point de fonctionnement de la jonction base-émetteur d'un transistor bipolaire (3 pts)



On souhaite déterminer le point de fonctionnement de la jonction base-émetteur du transistor placé dans le montage ci-contre.

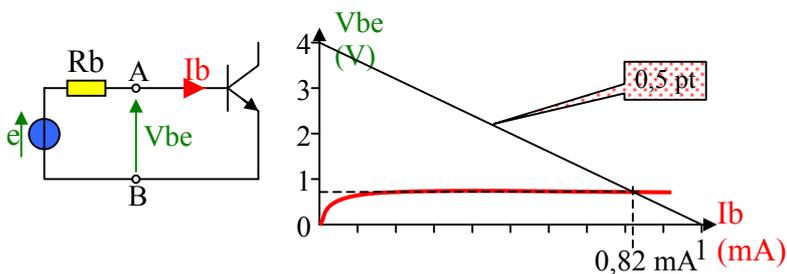
a) Exprimer la relation  $V_{be}$  en fonction de  $I_b$  pour le dipôle constitué de la source « e » et de la résistance «  $R_b$  » (à gauche des points A et B)

Sachant que  $e = 4\text{ V}$  et que  $R_b = 4\text{ k}\Omega$ , représenter le graphe de cette fonction  $V_{be}(I_b)$  sur le graphe ci-dessus.

b) La caractéristique  $V_{be}(I_b)$  déjà présente (en trait gras) sur le graphe ci-dessus représente la relation entre la tension et le courant dans le dipôle base-émetteur (à droite des points A et B).  
En déduire graphiquement la valeur de  $V_{be}$  et la valeur de  $I_b$  dans le montage ci-dessus.

c) Lorsque le courant  $I_b$  est supérieur à quelques  $\mu\text{A}$ , on peut modéliser la jonction base-émetteur par une source de tension  $V_{be} \approx 0,7\text{ V}$ . Calculer la valeur numérique de  $I_b$  obtenue avec ce modèle (En l'absence de calculatrice, le résultat sera donné sous forme d'une fraction)

Corrigé :



a)  $V_{be} = e - R_b \cdot I_b = 4 - 4000 \cdot I_b$  0,5 pt

$I_b = 0 \Rightarrow V_{be} = 4\text{ V}$

$I_b = 1\text{ mA} \Rightarrow V_{be} = 0$

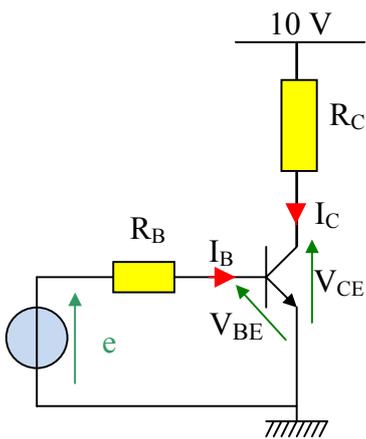
Le point de fonctionnement du montage se situe à l'intersection de la droite  $V_{be}(I_b)$  et de

la courbe caractéristique  $V_{be}(I_b)$  de la jonction base-émetteur. 0,5 pt + 0,5 pt

On en déduit graphiquement  $V_{be} \approx 0,7\text{ V}$  et  $I_b \approx 0,82\text{ mA}$  1 pt

c)  $V_{be} = e - R_b \cdot I_b = 0,7\text{ V} \Rightarrow I_b = \frac{e - V_{be}}{R_b} = \frac{4 - 0,7}{4000} = \frac{3,3}{4000} = 825 \cdot 10^{-6}\text{ A} = 0,825\text{ mA} = 825\ \mu\text{A}$

### 3. Transistor bipolaire en commutation (sans calculette) (3,5 pts)



Un capteur de position délivre une tension «  $e$  » positive. Cette tension doit être « adaptée » pour piloter en tout ou rien une charge qui se comporte comme une résistance  $R_C = 1000 \Omega$  alimentée sous  $10 V$ . Dans ce but, on propose de mettre en œuvre le montage ci-contre.

Le transistor utilisé possède les caractéristiques suivantes :  $V_{BE0} = 0,7 V$  ;  
 $V_{BEsat} = 1 V$  ;  $100 < \beta < 300$  <sup>(1)</sup> ;  $V_{CEsat} \approx 0$

a) Déterminer l'intervalle des valeurs de «  $e$  » pour lesquelles le transistor est bloqué. Justifier en quelques mots

b) Lorsque  $e = 5 V$ , on souhaite que le transistor soit saturé avec un coefficient de sursaturation (ou de sécurité) au moins égal à 2. Calculer le courant de base nécessaire ainsi que la valeur maximum de  $R_B$ .

Corrigé :

a) Transistor bloqué  $\Leftrightarrow (I_B = 0 ; V_{BE} < V_{BE0}) \Leftrightarrow (e = R_B \cdot I_B + V_{BE} = 0 + V_{BE}) < V_{BE0} \Rightarrow e < 0,7 V$

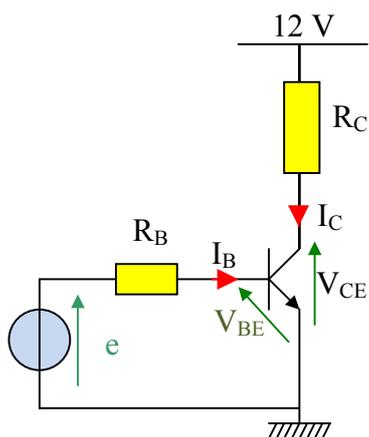
b) Lorsque  $e = 5 V$  : Transistor saturé de façon certaine  $\Leftrightarrow \left( I_B \geq 2 \frac{I_C}{\beta_{min}} ; V_{BE} = V_{BEsat} \right)$  ;

$$V_{CEsat} \approx 0 \Rightarrow I_C = \frac{10}{R_C} = 10^{-2} A = 10 mA$$

$$\Rightarrow I_B \geq 2 \frac{10^{-2}}{100} = 2 \cdot 10^{-4} A ; V_{BE} = 1 V \Rightarrow \left( R_B = \frac{e - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 1}{I_B} \right) \leq \left( \frac{4}{2 \cdot 10^{-4}} = 2 \cdot 10^4 = 20 k\Omega \right).$$

<sup>(1)</sup> «  $\beta$  » peut aussi se noter «  $h_{fe}$  »

#### 4. Transistor bipolaire en commutation (avec calculette) (3,5 pts)



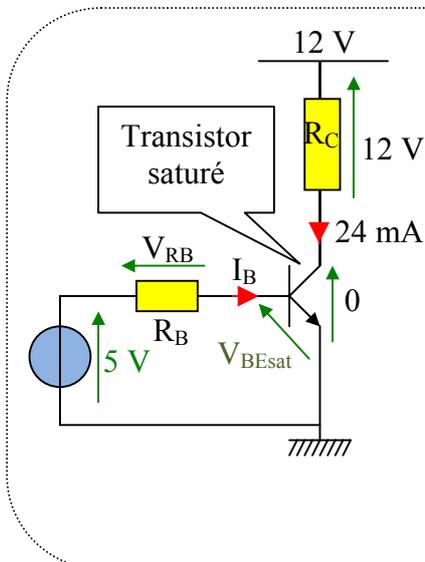
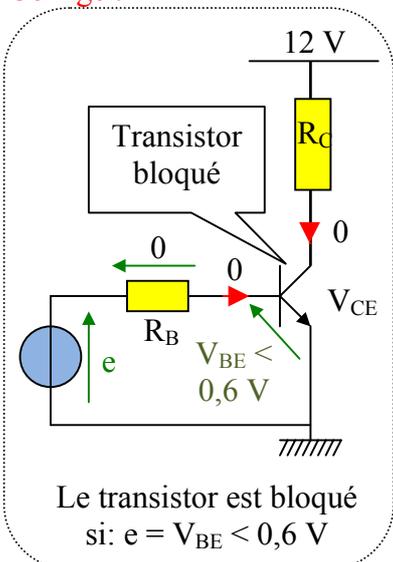
Un capteur de position délivre une tension «  $e$  » positive. Cette tension doit être « adaptée » pour piloter en tout ou rien une charge qui se comporte comme une résistance  $R_C = 500 \Omega$  alimentée sous  $12 V$ . Dans ce but, on propose de mettre en œuvre le montage ci-contre.

Le transistor utilisé possède les caractéristiques suivantes :  $V_{BE0} = 0,6 V$  ;  $0,6 V < V_{BEsat} < 1,2 V$  ;  $50 < \beta < 300$  (<sup>2</sup>) ;  $V_{CEsat} \approx 0$

a) Déterminer l'intervalle des valeurs de «  $e$  » pour lesquelles le transistor est bloqué.

b) Lorsque  $e = 5 V$ , on souhaite que le transistor soit saturé avec un coefficient de sursaturation supérieur ou égal à 2. Calculer le courant de base nécessaire ainsi que la valeur maximum de  $R_B$ .

Corrigé :



Le transistor est saturé avec un coefficient de sursaturation minimum de 2 si:

$$I_B > \frac{I_C}{\beta_{\min}} \cdot 2 = 0,96 \text{ mA}$$

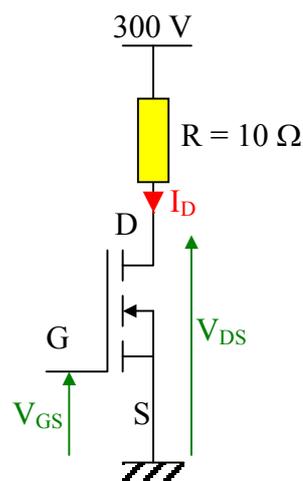
Cette condition est toujours vraie si

$$\Leftrightarrow I_{B_{\min}} = \frac{e - V_{BEsat_{\max}}}{R_B} > 0,96 \text{ mA}$$

$$\Leftrightarrow R_B < \frac{(5 - 1,2)}{0,96 \cdot 10^{-3}} = 3960 \Omega$$

(<sup>2</sup>) «  $\beta$  » peut aussi se noter «  $h_{fe}$  »

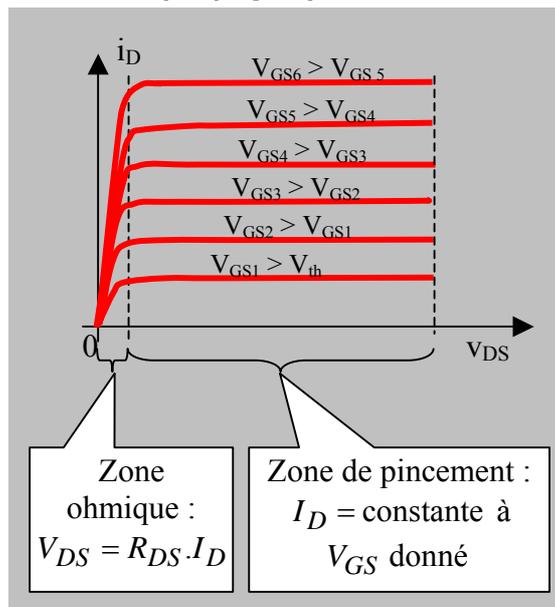
### 5. MOS de puissance en zone ohmique (avec calculette) (4 pts)



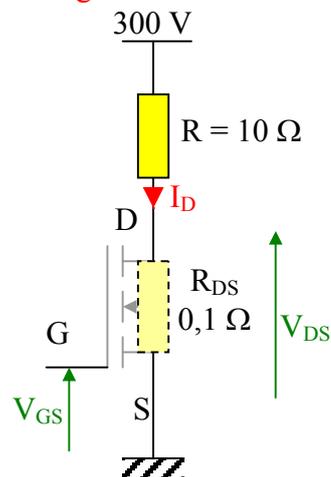
De façon à commander en tout ou rien une charge résistive de  $10\ \Omega$  sous  $300\ \text{V}$ , on veut mettre en œuvre le transistor MOS ci-contre.

a) Lorsque le transistor MOS fonctionne en zone ohmique, il se comporte comme une résistance  $R_{DS} \approx 0,1\ \Omega$ .

Calculer dans ce cas, les valeurs de  $I_D$  et de  $V_{DS}$ .



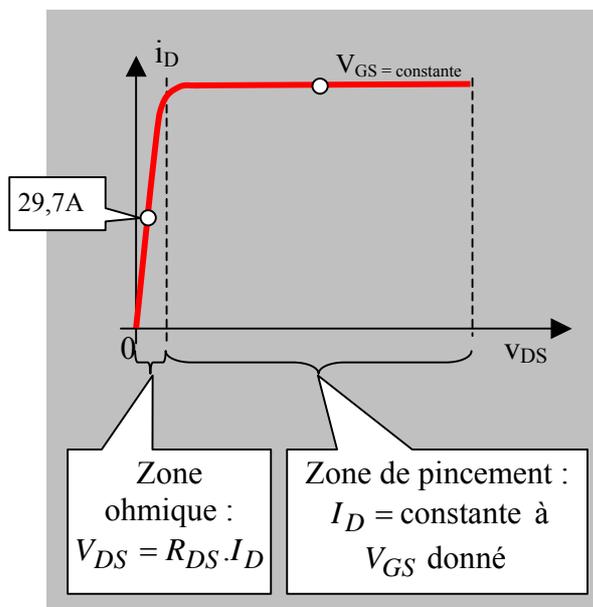
Corrigé :



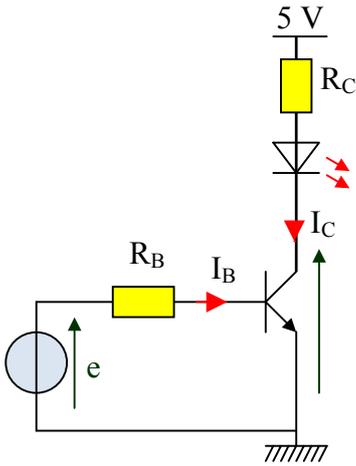
a)

$$I_D = \frac{300}{R + R_{DS}} = \frac{300}{10 + 0,1} = 29,7\ \text{A}$$

$$V_{DS} = R_{DS} \cdot I_D = 2,97\ \text{V}$$



**6. Commande d'une LED avec un transistor bipolaire en commutation: (4 pts)**



Les caractéristiques du transistor bipolaire utilisé sont les suivantes :  
 $V_{BE_{sat}} = 0,7 V$  ;  $V_{CE_{sat}} \approx 0$  ;  $70 < \beta < 300$

On suppose  $I_C \approx 0$  lorsque le transistor est bloqué.

La LED présente une tension  $V_F$  de l'ordre de 1,8 V.

La tension de commande « e » est une tension carrée 0V / 5V.

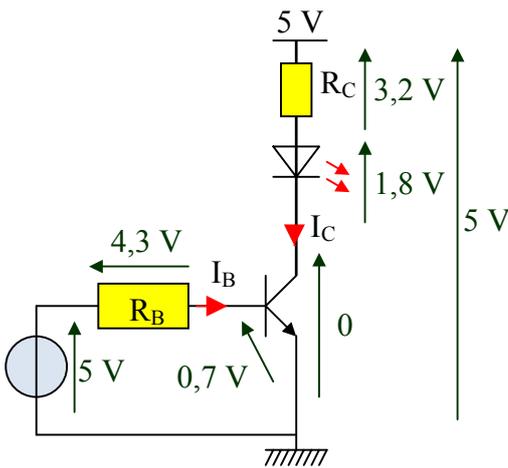
En déduire la valeur que doit présenter  $R_C$  pour que le courant dans la LED soit de l'ordre de 10 mA lorsque le transistor est saturé.

Déterminer la valeur limite de  $R_B$  qui permet de saturer le transistor de manière certaine, avec un coefficient de sursaturation supérieur ou égal à 2.

(Le coefficient « 2 » assure une marge de sécurité garantissant la saturation).

Cette valeur de  $R_B$  est-elle un maximum ou un minimum (Justifier en quelques mots)

Corrigé :



Lorsque le transistor est saturé :  $e = 5 V$  ,  $V_{BE_{sat}} = 0,7 V$  ,

$V_{CE_{sat}} \approx 0$  et  $V_F = 1,8 V$  , donc  $V_{R_C} \approx 5 - 1,8 - 0 = 3,2 V$  avec  $I_C \approx 10 mA$  .

On en déduit que  $R_C \approx \frac{3,2}{0,01} = 320 \Omega$

Pour que le transistor soit saturé, il faut  $I_B > \frac{I_C}{\beta}$  .

Pour que la relation soit toujours vérifiée, quelque soit  $70 < \beta < 300$  , il faut considérer le cas le plus défavorable :

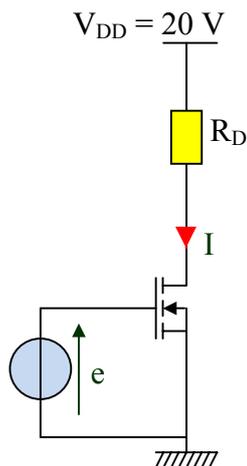
Il faut prendre  $I_B > \frac{I_C}{\beta_{min}}$  .

On propose de prendre un coefficient de sursaturation de 2

$$\Rightarrow I_B > 2 \cdot \frac{I_C}{\beta_{min}} \Leftrightarrow I_B > 2 \cdot \frac{0,01}{70} \Leftrightarrow I_B > 2,86 \cdot 10^{-4} A = 286 \mu A$$

$$\text{Loi d'Ohm : } \Rightarrow \left[ I_B = \frac{4,3}{R_B} \right] > 286 \mu A \Leftrightarrow R_B < \frac{4,3}{286 \cdot 10^{-6}} \Leftrightarrow R_B < 15 k\Omega$$

### 7. Commande d'un transistor MOS en commutation. Droite de charge (3 pts)



Dans le montage ci-contre,  $R_D = 20 \Omega$ .

a) On suppose  $I \approx 0$  lorsque le transistor MOS est bloqué et  $V_{DS} \approx 0$  lorsque le transistor MOS est passant en zone ohmique.

Positionner sur le schéma ci-contre les tensions fléchées  $V_{DS}$  et  $V_{GS}$

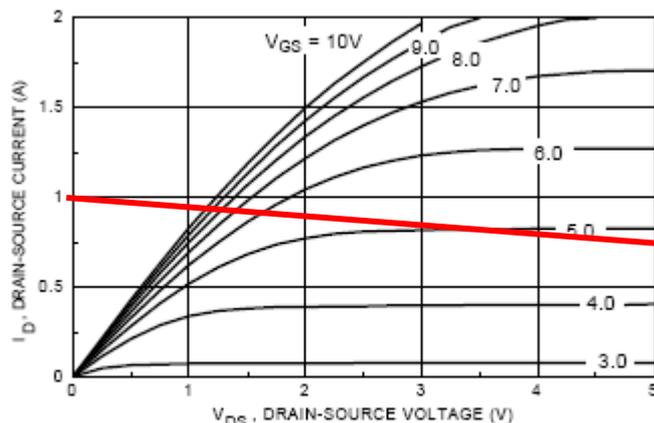
Déterminer la valeur approchée de  $I$  lorsque le transistor est passant en zone ohmique.

b) En réalité, lorsque le transistor MOS est passant (en zone ohmique), la tension  $V_{DS}$  n'est pas tout à fait nulle. On veut maintenant étudier le montage de façon plus précise :

La loi des mailles permet de montrer que

$$I = \frac{-I}{R_D} \cdot V_{DS} + \frac{V_{DD}}{R_D} = -0,05 \cdot V_{DS} + 1.$$

(Le graphe de cette droite est tracé en superposition sur le réseau de courbes ci-contre (extrait de la documentation constructeur du MOS)).



On-Region Characteristics.

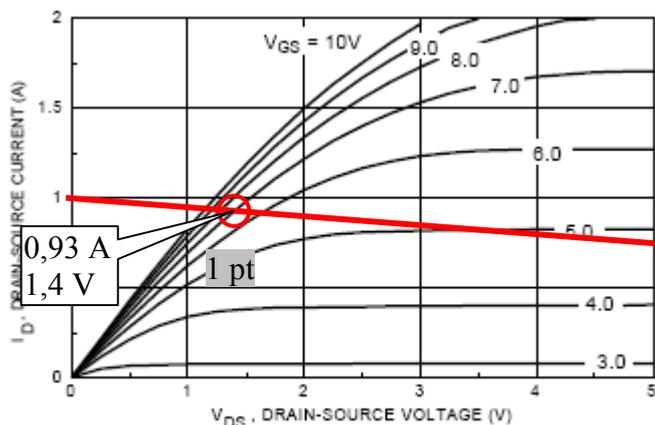
Le point de fonctionnement du transistor MOS est à la fois sur la droite  $I(V_{DS})$  précédente car la relation

$$I = \frac{-1}{R_D} \cdot V_{DS} + \frac{V_{DD}}{R_D}$$

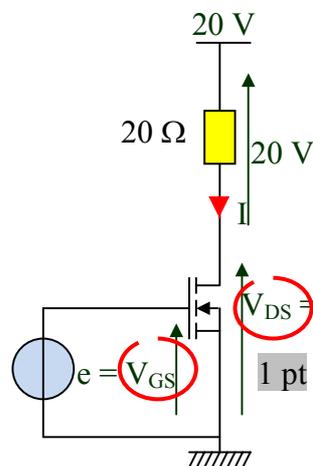
doit être vérifiée, et en même temps sur une caractéristique du réseau de courbes  $I(V_{DS})$  du constructeur.

Estimer les valeurs de la tension  $V_{DS}$  et la valeur du courant  $I$  si  $V_{GS} = 7 V$ .

Corrigé :



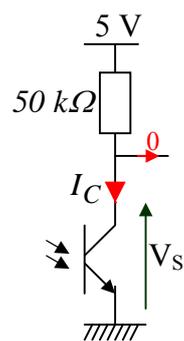
On-Region Characteristics.



Transistor MOS en zone ohmique avec l'hypothèse simplificatrice  $V_{DS} \approx 0$

$$\Rightarrow I \approx \frac{20}{20} = 1 \text{ A}$$

### 8. Photo transistor et droite de charge (4 Pts)



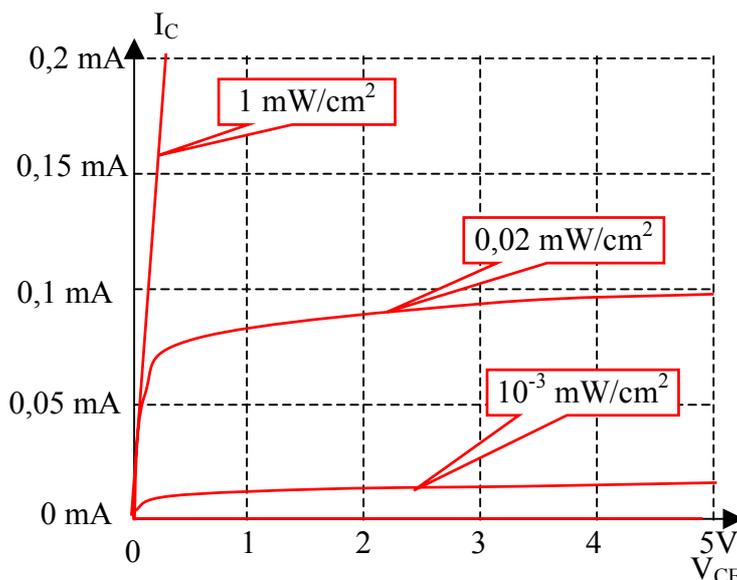
a) Déterminer l'équation de la droite de charge  $I_C$  en fonction de  $V_S$ . Représenter cette droite de charge Sur le graphe ci-contre.

b) Faire figurer le point de fonctionnement sur le graphe ci-contre lorsque le phototransistor est éclairé avec  $1 \text{ mW/cm}^2$ . En déduire la valeur de  $V_S$  dans ce cas

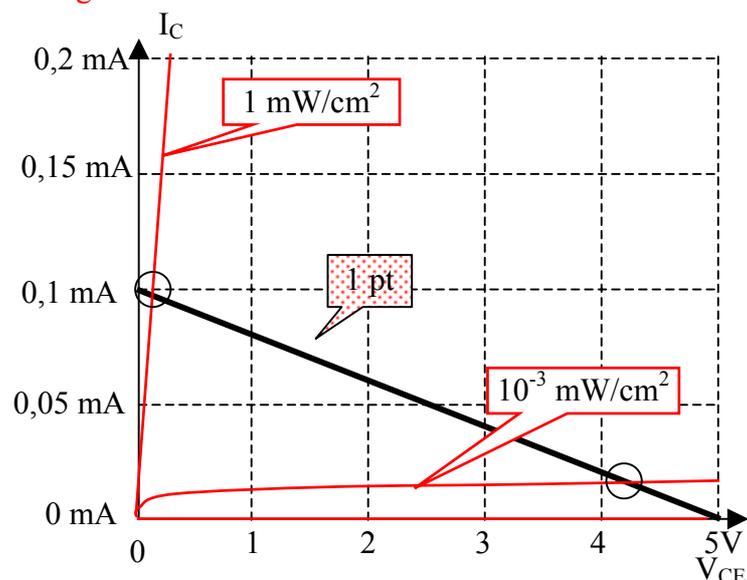
cas

c) Faire figurer le point de fonctionnement sur le graphe ci-contre lorsque le phototransistor est éclairé avec  $10^{-3} \text{ mW/cm}^2$ .

En déduire la valeur de  $V_S$  dans ce cas.



Corrigé :



$$V_{CE} = 5 - 50 \cdot 10^3 \cdot I_C$$

$$\Leftrightarrow I_C = \frac{5 - V_{CE}}{50 \cdot 10^3} = 0,1 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-5} \cdot V_{CE} \cdot \text{Le}$$

point de fonctionnement est donc sur la droite de charge  $I_C = 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-5} \cdot V_{CE}$  1 pt

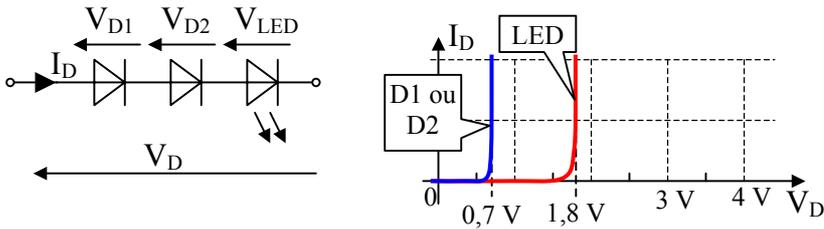
Lorsque le phototransistor ci-contre est éclairé avec  $1 \text{ mW/cm}^2$  :  $V_S \approx 0,2 \text{ V}$  1 pt

Lorsque le phototransistor ci-contre est éclairé avec  $10^{-3} \text{ mW/cm}^2$  :  $V_S \approx 4,3 \text{ V}$  1 pt

## 9. Détecteur de lumière à phototransistor (9,5 Pts)

### a) Assemblage de diodes

Le montage ci-contre est constitué de deux diodes en série avec une LED rouge. Chaque diode a une tension de seuil de 0,7 V. La LED rouge a une tension de seuil de 1,8 V.

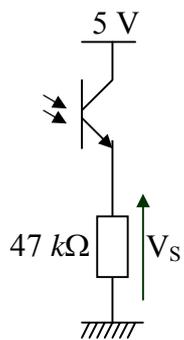


Représenter sur le graphe ci-contre la caractéristique  $I_D$  en fonction de la tension  $V_D$  aux bornes de l'ensemble.

Pour ce dipôle constitué des deux diodes en série avec la LED, on adopte le modèle d'une unique diode à seuil. Préciser la valeur de la tension de seuil de cette diode équivalente.

### b) Phototransistor et droite de charge

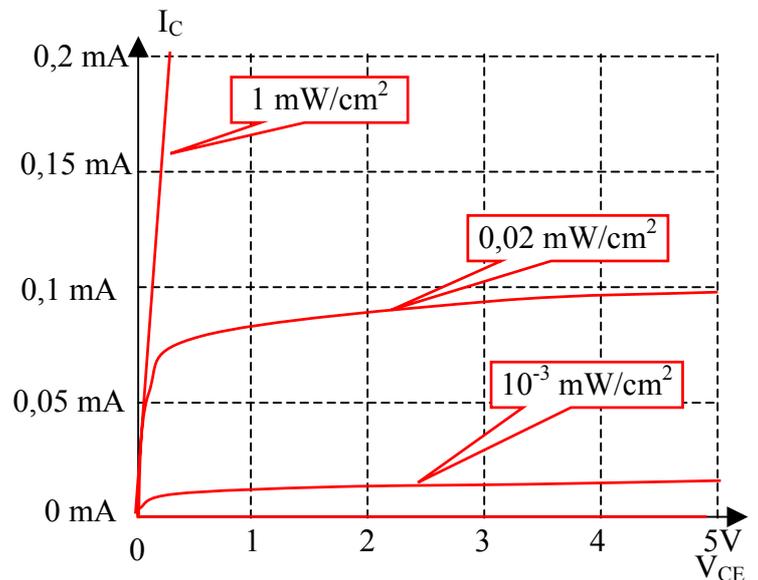
a) Déterminer l'équation de la droite de charge du phototransistor  $I_C$  en fonction de  $V_{CE}$ .



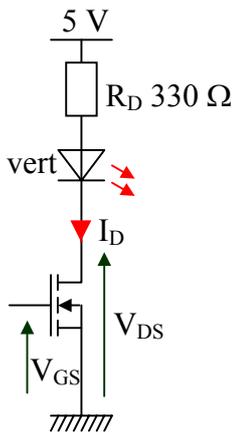
Représenter cette droite de charge Sur le graphe ci-contre.

b) Faire figurer le point de fonctionnement sur le graphe ci-contre lorsque le phototransistor est éclairé avec  $1 \text{ mW/cm}^2$ . En déduire la valeur de  $V_s$  dans ce cas

c) Faire figurer le point de fonctionnement sur le graphe ci-contre lorsque le phototransistor est éclairé avec  $10^{-3} \text{ mW/cm}^2$ . En déduire la valeur de  $V_s$  dans ce cas.



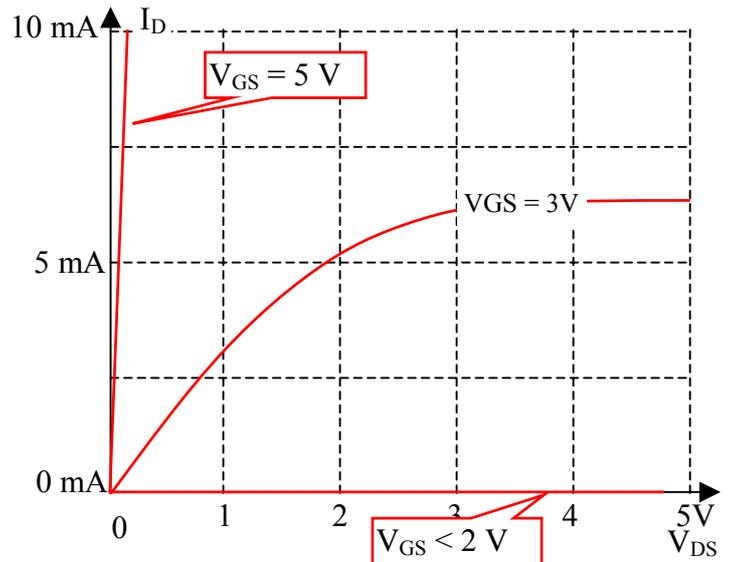
**c) MOS et droite de charge**



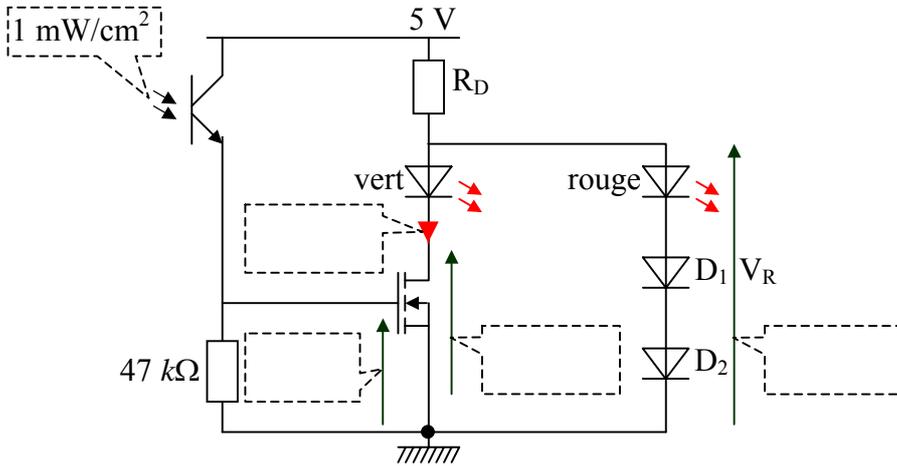
Lorsque la LED verte est passante, la tension à ses bornes est de 2 V.

Déterminer l'équation de la droite de charge  $I_D$  en fonction de  $V_{DS}$  (lorsque la LED verte est passante)  
(type  $I_D = a \cdot V_{DS} + b$ ).  
Tracer cette droite sur le graphe ci-contre.

Faire figurer le point de fonctionnement sur le graphe ci-contre lorsque  $V_{GS} \approx 5 V$ . En déduire les valeurs numériques de  $I_D$  et de  $V_{DS}$  dans ce cas.



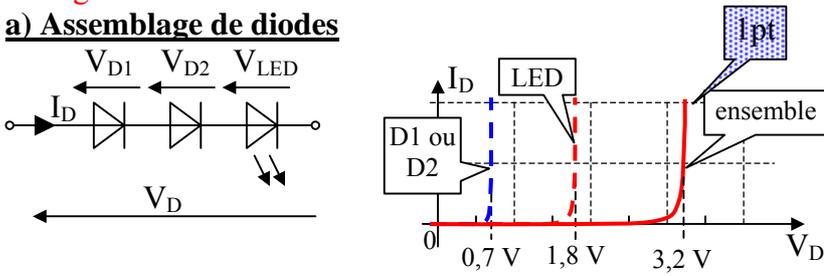
**d) Détecteur de lumière**



- a) En conclusion de l'étude des trois parties du montage détecteur de lumière, compléter les valeurs numériques (approximées) dans les cases en pointillé lorsque le phototransistor est éclairé sous  $1 \text{ mW/cm}^2$ .  
(On prendra comme hypothèse que la LED rouge est bloquée)
- b) L'hypothèse « la LED rouge est bloquée » est elle vraie ?

Corrigé :

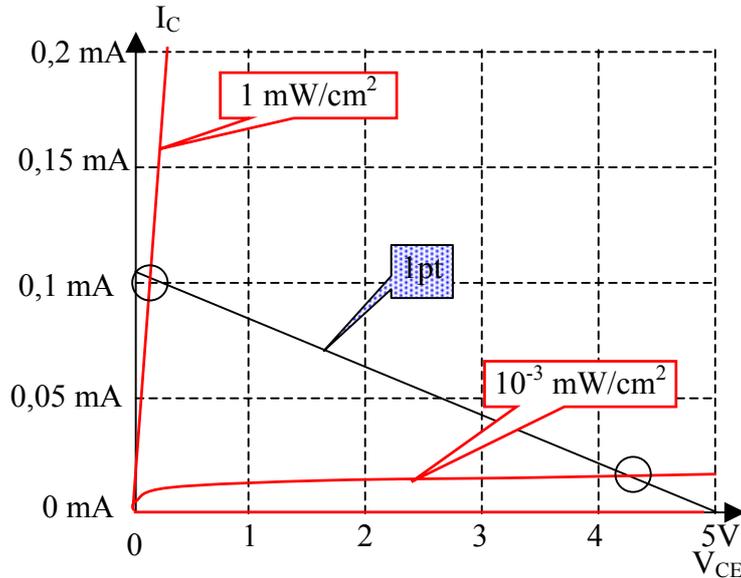
**a) Assemblage de diodes**



Pour une valeur de  $I_D$  donnée, la tension aux bornes de l'ensemble est la somme des tensions  $V_{D1}$ ,  $V_{D2}$  et  $V_{LED}$ . La tension de seuil de l'ensemble est de l'ordre de  $0,7 + 0,7 + 1,8 = 3,2 V$

1pt

**b) Phototransistor et droite de charge**



$$V_{CE} = 5 - 47.10^3 \cdot I_c$$

$$\Leftrightarrow I_c = \frac{5 - V_{CE}}{47.10^3} = 0,106.10^{-3} - 2,13.10^{-5} \cdot V_{CE}$$

Le point de fonctionnement est donc sur la droite de charge  $I_c = 0,106.10^{-3} - 2,13.10^{-5} \cdot V_{CE}$

Lorsque le phototransistor ci-contre est éclairé avec  $1 \text{ mW/cm}^2$  :  $V_{CE} \approx 0,2 V$  ;  $V_s \approx 4,8 V$

Lorsque le phototransistor ci-contre est éclairé avec  $10^{-3} \text{ mW/cm}^2$  :  $V_{CE} \approx 4,3 V$  ;  $V_s \approx 0,7 V$

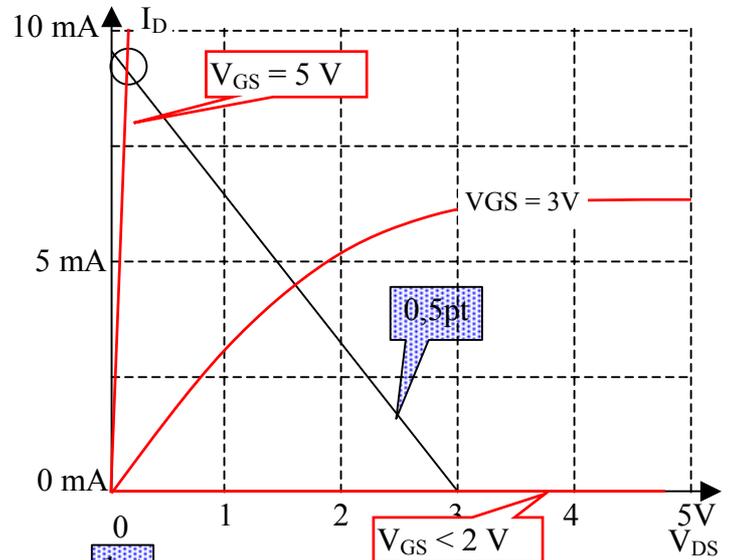
1pt  
1pt

**c) MOS et droite de charge**

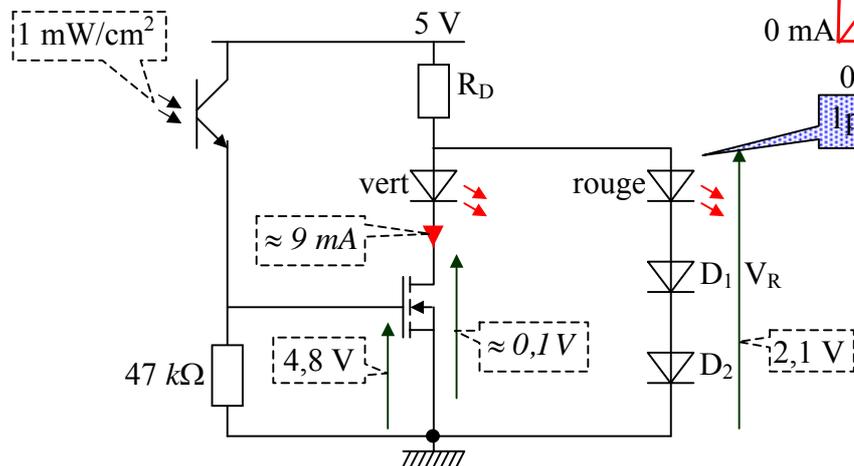
$$V_{DS} = 5 - R_D \cdot I_D - 2 = 3 - 330 \cdot I_D$$

$$\Leftrightarrow I_D = \frac{3 - V_{DS}}{330} = 9,09.10^{-3} - 3,03.10^{-3} \cdot V_{DS}$$

Au point d'intersection de la droite de charge et de la caractéristique pour  $V_{GS} = 5 V$ , on obtient un point de fonctionnement :  $V_{DS} \approx 0,1 V$  et  $I_D \approx 9 \text{ mA}$



**d) Détecteur de lumière**



L'ensemble LED rouge + D1 + D2 ne peut pas conduire si  $V_R < 3,2 V$ . Ceci est donc la conduction est impossible lorsque  $V_R \approx 2,1 V$

0,5pt

### 10. Circuit de commande d'un afficheur 4 chiffres (8 pts)

Contexte de l'exercice : (Sa lecture n'est pas indispensable à la résolution de l'exercice).

On veut afficher une valeur numérique constituée de 4 chiffres décimaux. Chaque chiffre est obtenu en sélectionnant certains segments d'un « afficheur 7 segments ».

Chaque segment est réalisé avec une LED qui peut être allumée ou éteinte.

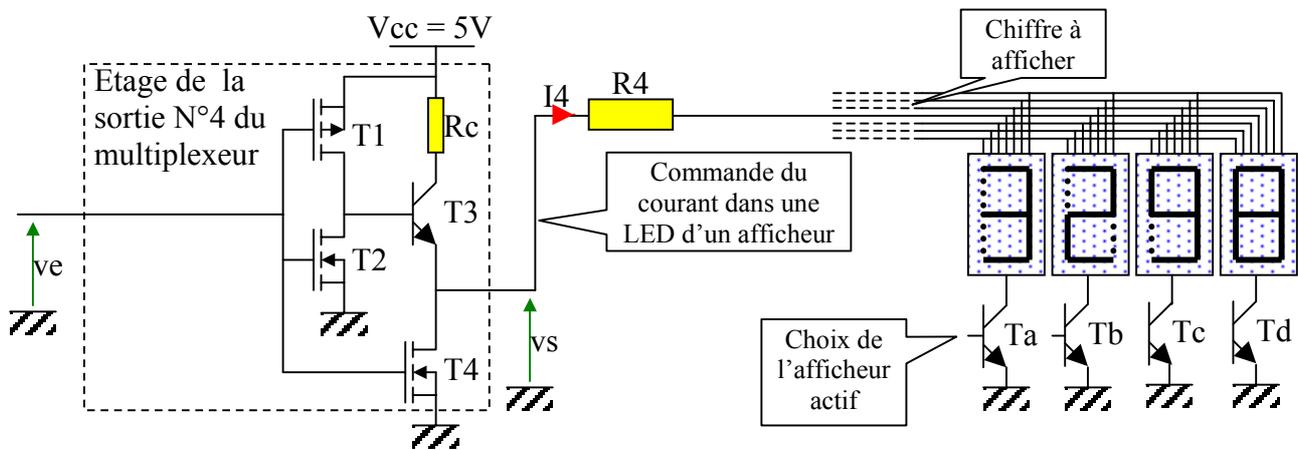
Il y a donc au total :  $7 \times 4 = 28$  LED qui peuvent être commandées.

Pour minimiser le nombre de connections, on choisit de commander un seul afficheur à la fois en utilisant le principe du multiplexage.

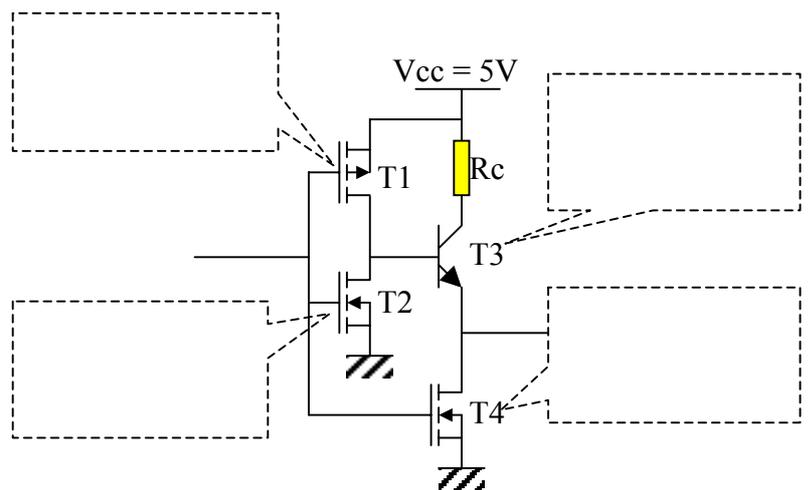
Les 7 connections de pilotage des chiffres sont communes aux 4 afficheurs.

Il y a donc au total  $7 + 4 = 11$  liaisons pour commander les 28 LED des 4 afficheurs.

On a représenté ci-dessous la structure d'une sortie parmi 7 du multiplexeur.



- a)  
 Indiquer, dans les cadres ci-contre, le type de chaque transistor (T1, T2, T3 et T4).  
 Par exemple MOS canal P ou bien bipolaire PNP ou bien un autre type...



**b) Hypothèses :**

Les valeurs des « Gate Threshold Voltage » des transistors MOS sont les suivantes :

MOS canal N :  $V_{GS_{TH}} = 2,6 V$  et MOS canal P :  $V_{GS_{TH}} = - 2,6 V$

En régime ohmique, les transistors MOS se comportent comme des résistances de faible valeur :

$$V_{DS_{ohmique}} \approx 0 V$$

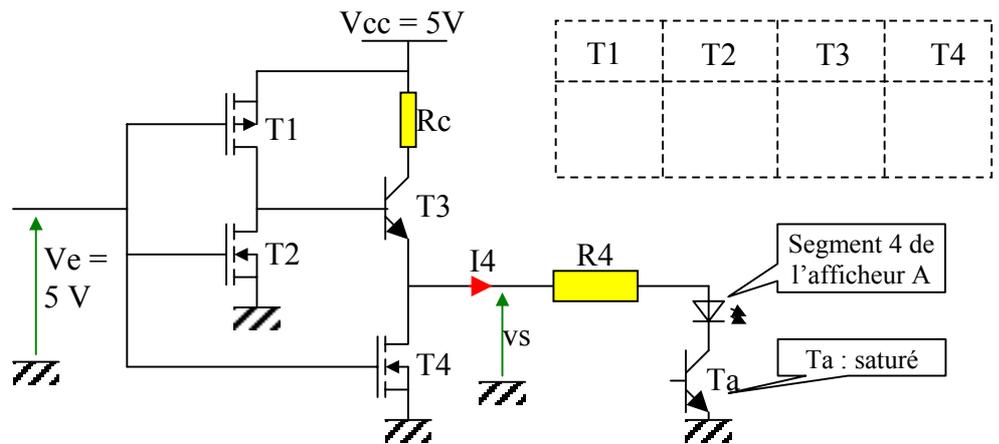
Les transistors bipolaires ont un  $V_{BE_o} = V_{BE_{sat}} = 0,6 V$  et  $V_{CE_{sat}} = 0,1 V$

Le segment 4 de l’afficheur A présente une tension  $V_{AK} = 1,8 V$  lorsqu’il est passant.

On suppose que les 5 transistors ci-dessous fonctionnent en commutation.

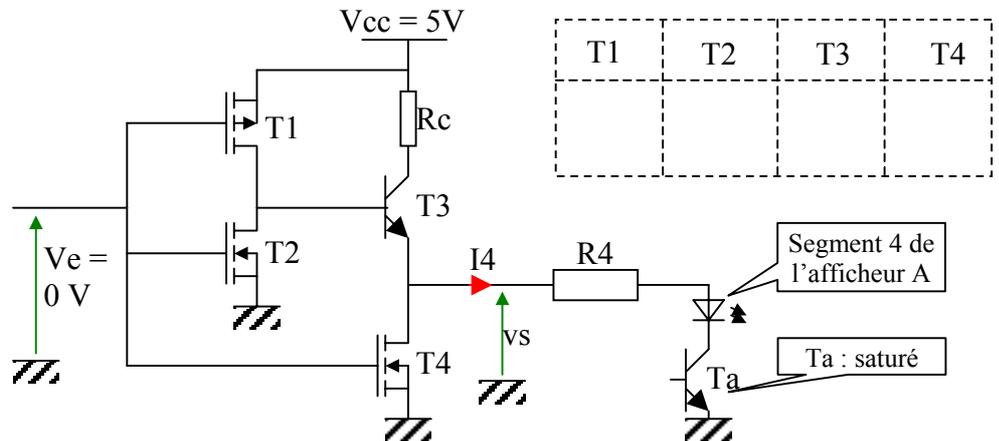
➤ Lorsque  $V_e = 5 V$   
représenter sur le schéma ci-contre les flèches des tensions  $V_{GS}$  ou  $V_{BE}$  des transistors T1, T2, T3 et T4 en les accompagnant de leur valeur numérique.

En déduire dans le tableau ci-contre l’état « passant » ou « bloqué » de chaque transistor.



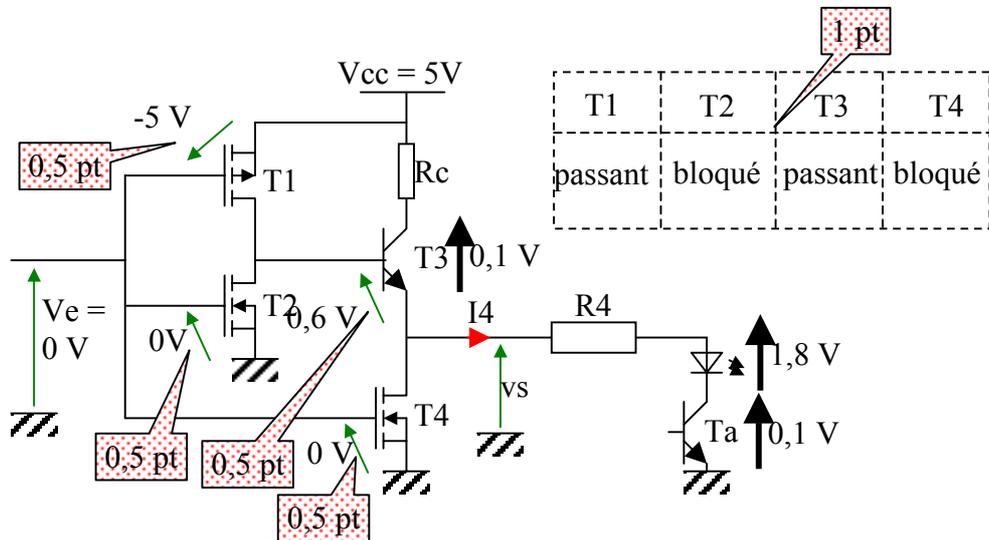
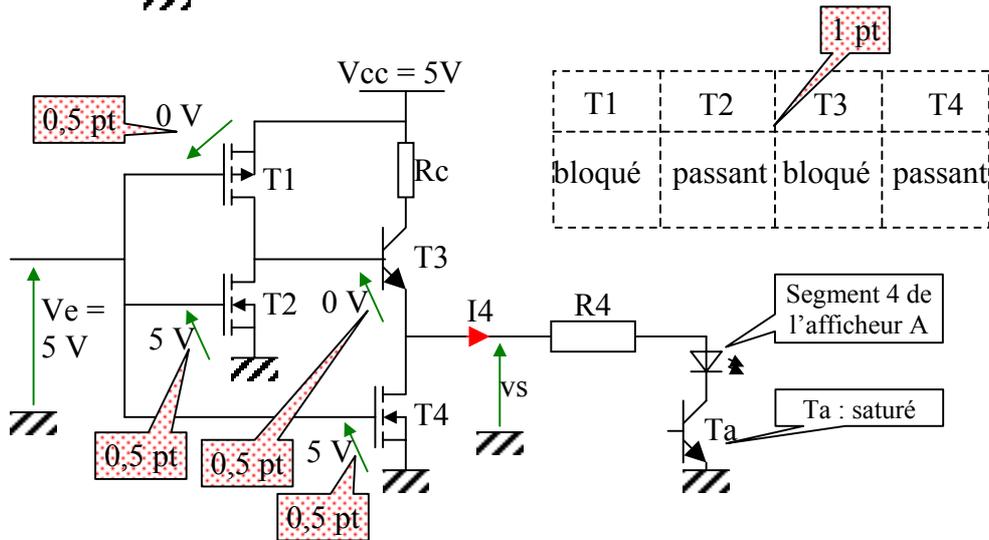
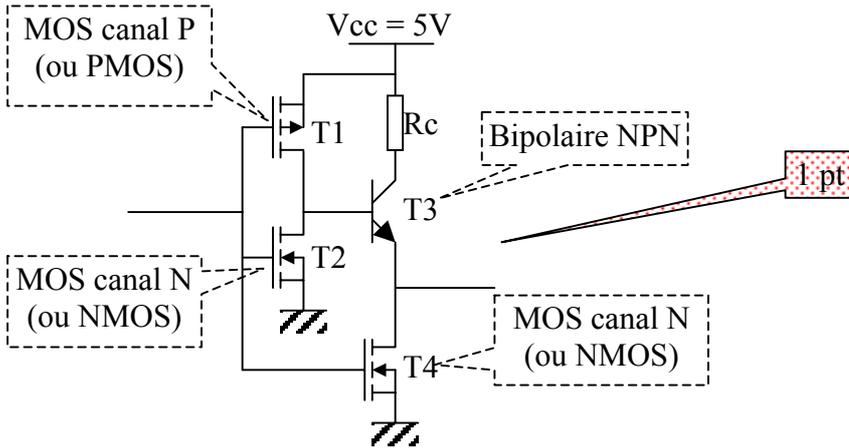
➤ Lorsque  $V_e = 0 V$   
représenter sur le schéma ci-contre les flèches des tensions  $V_{GS}$  ou  $V_{BE}$  des transistors T1, T2, T3 et T4 en les accompagnant de leur valeur numérique.

En déduire dans le tableau ci-contre l’état « passant » ou « bloqué » de chaque transistor.



➤ Sachant que  $R_c = 30 \Omega$ , calculer la valeur de la résistance de limitation  $R_4$  qui assure un courant  $I_4 = 30 mA$  dans le segment d’afficheur lorsqu’il est passant (On néglige les courants de base). (Le devoir se déroulant sans calculatrice, les valeurs ont été choisies de façon que les calculs soient très simples)

Corrigé :



En appliquant la loi des mailles :  $V_{cc} = R_c \cdot I_4 + V_{CE_{T3}} + R_4 \cdot I_4 + V_{AK_{LED}} + V_{CE_{Ta}}$

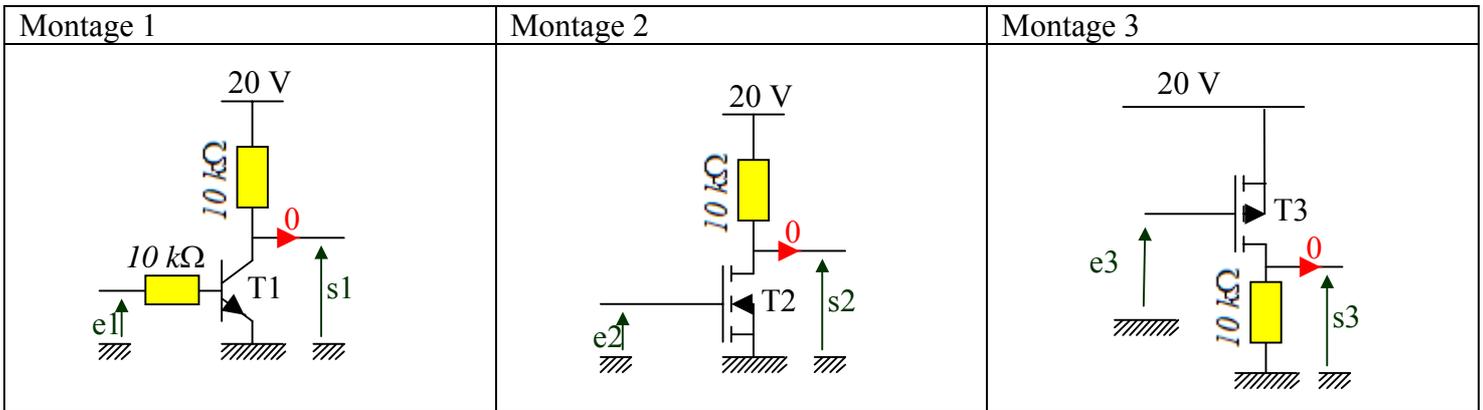
$$\Leftrightarrow R_c + R_4 = \frac{V_{cc} - V_{CE_{T3}} - V_{AK_{LED}} - V_{CE_{Ta}}}{I_4} = \frac{5 - 0,1 - 1,8 - 0,1}{30 \cdot 10^{-3}} = \frac{3}{30 \cdot 10^{-3}} = 100 \Omega$$

$R_c = 30 \Omega \Rightarrow R_4 = 70 \Omega$

### 11. Commande d'un moteur par un hacheur réversible à 3 transistors (8 pts)

a). Commande de 3 types de montages à transistors en commutation.

On dispose de trois montages de base dans lesquels les transistors fonctionnent en commutation.



Indiquer dans le tableau ci-contre le type de chaque transistor (NPN ; PNP ; MOS canal N ; MOS canal P)

Type de transistor		
T1	T2	T3

Compléter les colonnes « T1, T2 et T3 » des tableaux ci-dessous en indiquant l'état du transistor de chaque montage en fonction du niveau de tension en entrée ( $e_1 = 5V$  ou  $0V$  ;  $e_2 = 5V$  ou  $0V$  ;  $e_3 = 20V$  ou  $0V$ ).

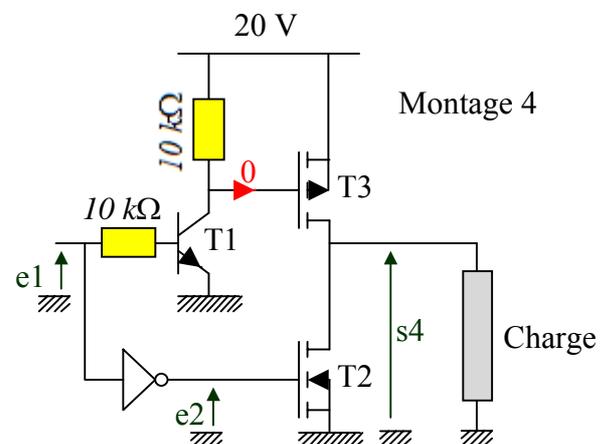
On mettra la **lettre** « **P** » pour « passant saturé ou passant en zone ohmique » ou la lettre « **B** » pour « bloqué »

Pour les trois montages, compléter les colonnes « s1, s2 et s3 » des tableaux ci-dessous avec les **valeurs** de la tension de sortie (exprimée en Volt) correspondantes à chaque niveau des tensions d'entrée  $e_1, e_2$  et  $e_3$  <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup>

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>e1</th><th>T1</th><th>s1</th></tr> <tr><td>5 V</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0 V</td><td></td><td></td></tr> </table>	e1	T1	s1	5 V			0 V			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>e2</th><th>T2</th><th>s2</th></tr> <tr><td>5 V</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0 V</td><td></td><td></td></tr> </table>	e2	T2	s2	5 V			0 V			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>e3</th><th>T3</th><th>s3</th></tr> <tr><td>20 V</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0 V</td><td></td><td></td></tr> </table>	e3	T3	s3	20 V			0 V		
e1	T1	s1																											
5 V																													
0 V																													
e2	T2	s2																											
5 V																													
0 V																													
e3	T3	s3																											
20 V																													
0 V																													

b) On suppose toujours les transistors en commutation. En exploitant les résultats ci-dessus, compléter le tableau ci-dessous en indiquant l'état (**P** ou **B**) des transistors présent dans le montage 4 et la valeur de la tension  $s_4$ . <sup>(5)</sup>

e1	e2	T1	T2	T3	s4
5 V	0 V				
0 V	5 V				



<sup>(3)</sup> On supposera  $V_{CEsat} = 0V$

<sup>(4)</sup> On supposera  $R_{DSon} = 0\Omega$

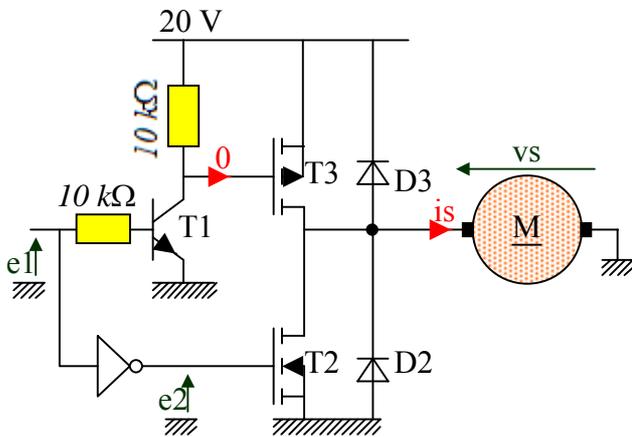
<sup>(5)</sup> On supposera  $V_{CEsat} = 0V$  et  $R_{DSon} = 0\Omega$

c) Application à la commande d'un moteur courant continu.

Le montage 4 étudié précédemment est utilisé pour alimenter un moteur M (*aucune connaissance des moteurs n'est nécessaire pour répondre aux questions qui suivent*).

Deux diodes D2 et D3 sont ajoutées.

On suppose que les transistors et les diodes fonctionnent en commutation avec un comportement idéal: lorsqu'ils sont passants, ils se comportent comme des interrupteurs fermés, et lorsqu'ils sont bloqués, ils se comportent comme des interrupteurs ouverts.



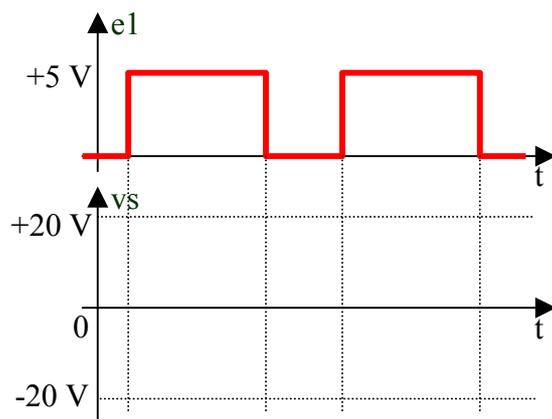
Montrer que D3 est nécessairement bloquée lorsque T2 est passant.

Commencer le raisonnement par la phrase « supposons D3 passante lorsque T2 est passant » et montrer que cette hypothèse est fautive ; ou commencer le raisonnement par « supposons D3 bloquée lorsque T2 est passant » et montrer que cette hypothèse est vraie

Le symbole  représente un inverseur :

$$e_1 = 0V \rightarrow e_2 = 5V$$

$$e_1 = 5V \rightarrow e_2 = 0V$$



Lorsque T2 est commandé par une tension e2 suffisante pour le rendre passant (par exemple  $e_2 = 5V$ ),  $\Rightarrow$  T3 et D3 sont bloqués :  
 si  $i_s$  est positif :  $\rightarrow$  D2 est passante ;  
 si  $i_s$  est négatif :  $\rightarrow$  T2 est passant.

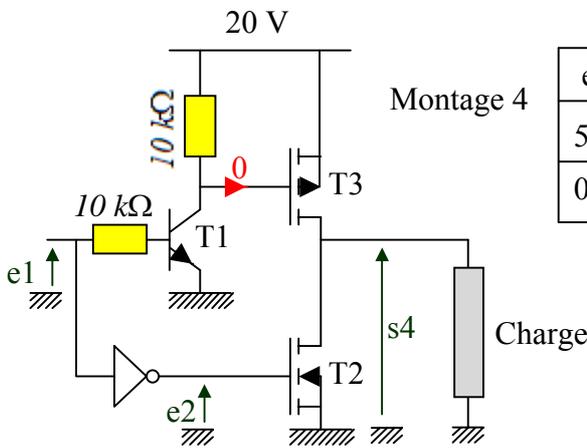
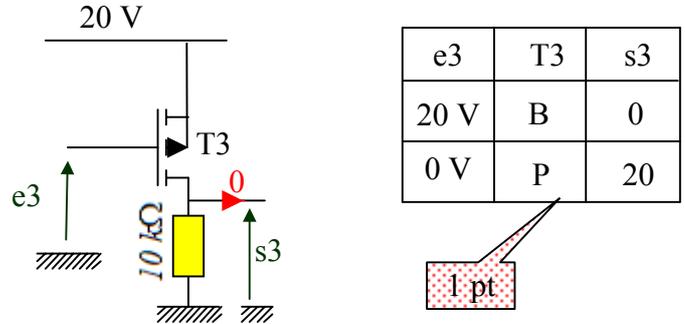
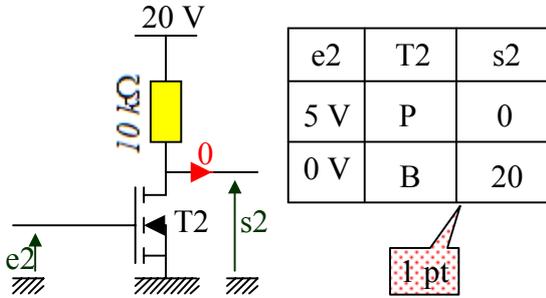
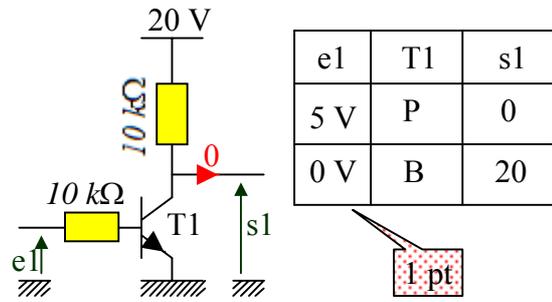
Lorsque T3 est commandé par une tension suffisante pour le rendre passant,  $\Rightarrow$  T2 et D2 sont bloqués :  
 si  $i_s$  est positif :  $\rightarrow$  T3 est passant  
 si  $i_s$  est négatif :  $\rightarrow$  D3 est passante.

Connaissant le graphe de  $e_1(t)$ , représenter ci-contre le graphe de la tension  $v_s(t)$  en concordance des temps.

Corrigé :

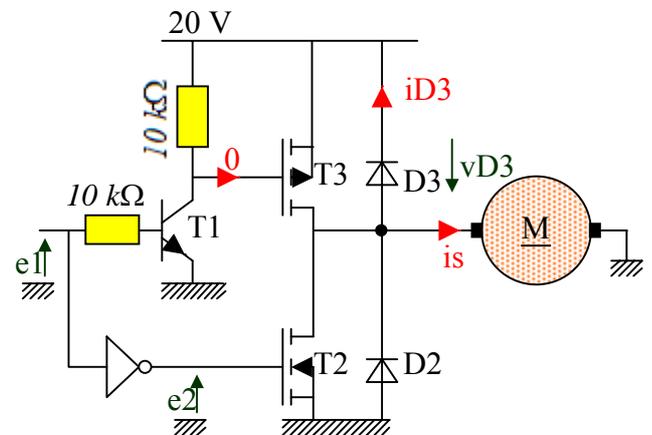
T1	T2	T3
NPN	MOS canal N	MOS canal P

1 pt



e1	e2	T1	T2	T3	s4
5 V	0 V	P	B	P	20V
0 V	5 V	B	P	B	0V

1,5 pt



Supposons D3 passante lorsque T2 est passant. Ces deux composants engendrent un **court-circuit** entre le +20 V et la masse.  $i_{D3} \rightarrow -\infty$ . Le courant dans la diode est donc de sens inverse (de la cathode vers l'anode) ; ce qui est impossible. Cette hypothèse est donc fausse.

Supposons D1 bloquée lorsque T2 est passant. La diode est alors **polarisée en inverse** sous une tension de  $v_{D3} = -20 V$ . Cette hypothèse est donc vraie.

1 pt

Si on suppose la diode **passante**, il faut vérifier le **sens du courant** qui la traverse.

Si on suppose la diode **bloquée**, il faut vérifier que la tension à ses bornes est inférieure à sa tension de seuil.

