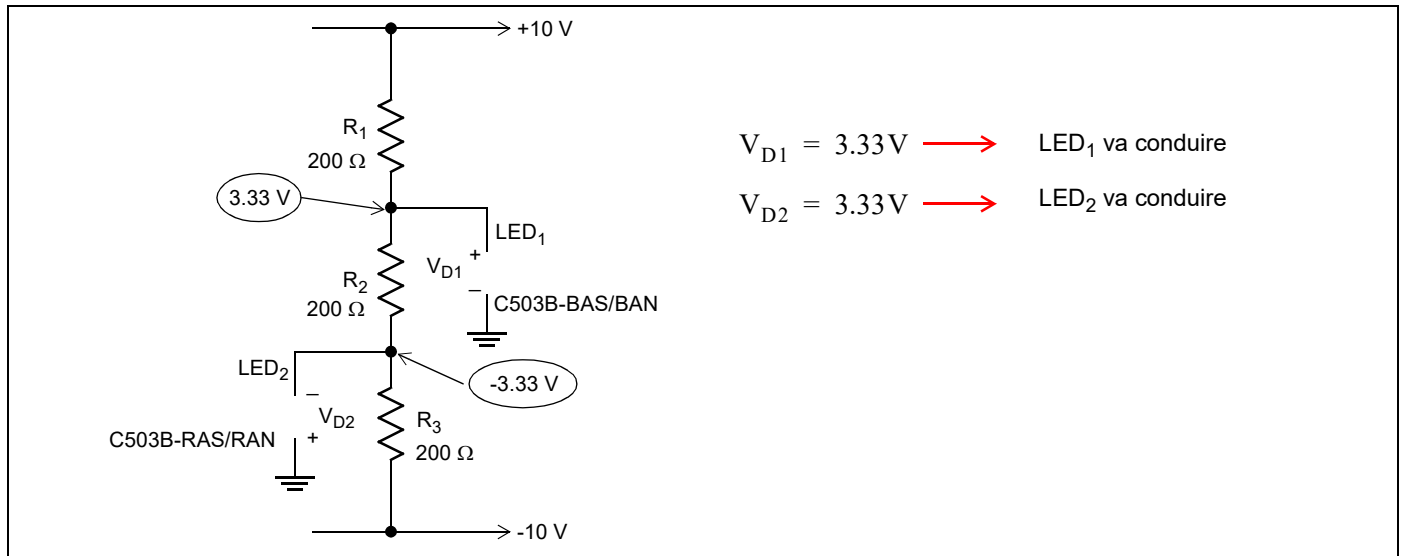


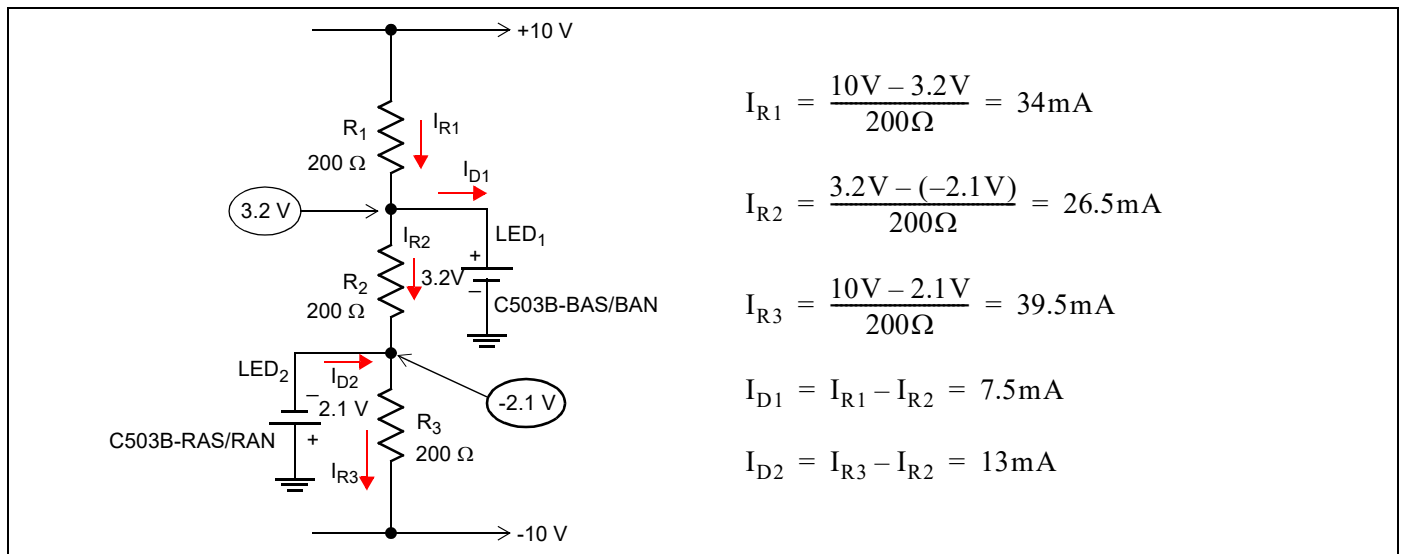
GIF-2000

**ÉLECTRONIQUE POUR INGÉNIEURS INFORMATIENS**Session H2019  
EXAMEN PARTIEL  
SOLUTION**Problème no. 1** (25 points)a) En utilisant le modèle à  $V_F$  constante pour les LEDs, **déterminer** les LEDs qui sont allumées. (4 points)

Posons l'hypothèse initiale que les deux LEDs sont bloquées.

**Conclusion:** Les deux LEDs sont allumées.**- Calculer le courant dans chaque LED allumée.** (8 points)

Lorsque les deux LEDs sont passantes, on a le circuit équivalent suivant:



Les courants dans les LEDs sont: 7.5 mA dans LED1 et 13 mA dans LED2.

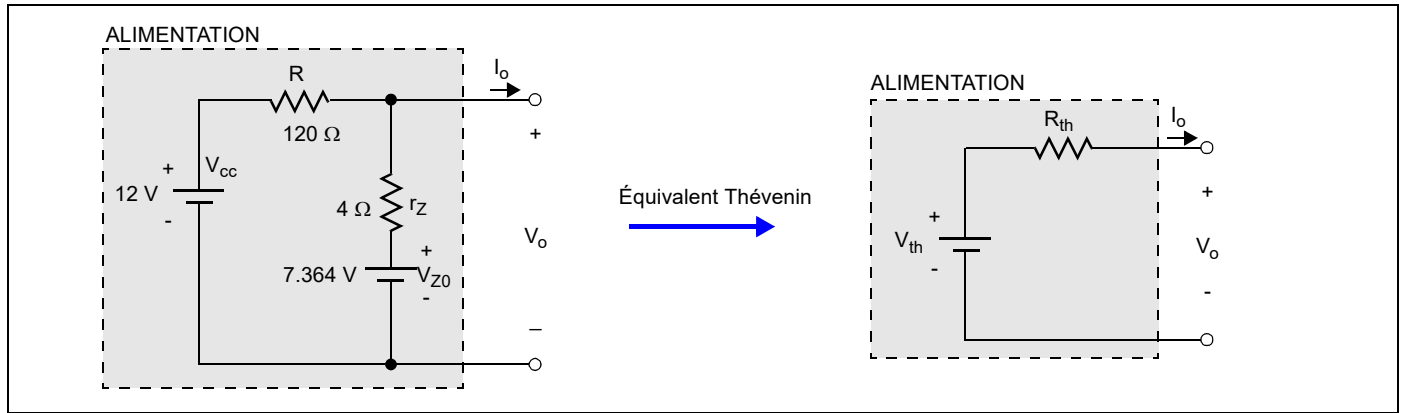
b) **Calculer** la tension  $V_{Z0}$  dans le modèle de la diode Zener (3 points)

La tension  $V_{Z0}$  est donnée par la relation suivante:

$$V_{Z0} = V_Z - r_Z I_Z = 7.5\text{V} - (4\Omega) \times 34\text{mA} = 7.364\text{V}$$

- Utilisant le modèle « $V_{Z0}$  et  $r_Z$ » pour la diode Zener, **déterminer** l'équivalent Thévenin de l'alimentation. (6 points)

Circuit équivalent de l'alimentation:



La résistance Thévenin est égale à:  $R_{th} = \frac{R \times r_Z}{R + r_Z} = \frac{120\Omega \times 4\Omega}{120\Omega + 4\Omega} = 3.871\Omega$

La tension Thévenin est donnée par la relation suivante:

$$V_{th} = \left( \frac{r_Z}{R + r_Z} \right) V_{cc} + \left( \frac{R}{R + r_Z} \right) V_{Z0} = \left( \frac{4}{120 + 4} \right) 12\text{V} + \left( \frac{120}{120 + 4} \right) 7.364\text{V} = 7.5135\text{V}$$

- On connecte une résistance de  $500\Omega$  à la sortie. **Déterminer** la tension  $V_o$  et le courant  $I_o$ . (4 points)

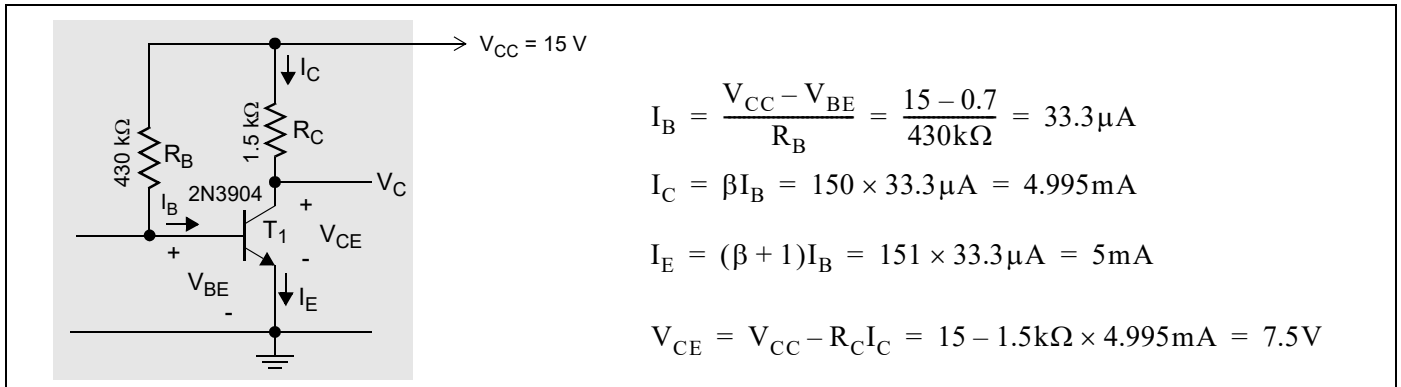
Le courant  $I_o$  est égal à:  $I_o = \frac{V_{th}}{R_{th} + 500} = \frac{7.5135}{3.871 + 500} = 14.9\text{mA}$

La tension  $V_o$  est égale à:  $V_o = 500\Omega \times I_o = 500\Omega \times 14.9\text{mA} = 7.45\text{V}$

**Problème no. 2 (25 points)****a) Déterminer le point de fonctionnement ( $I_C$ ,  $V_{CE}$ ) du transistor. (6 points)**

Pour déterminer le point de fonctionnement du transistor, on fait l'analyse DC du circuit.

On garde seulement la partie du circuit qui est connectée directement à la source DC.

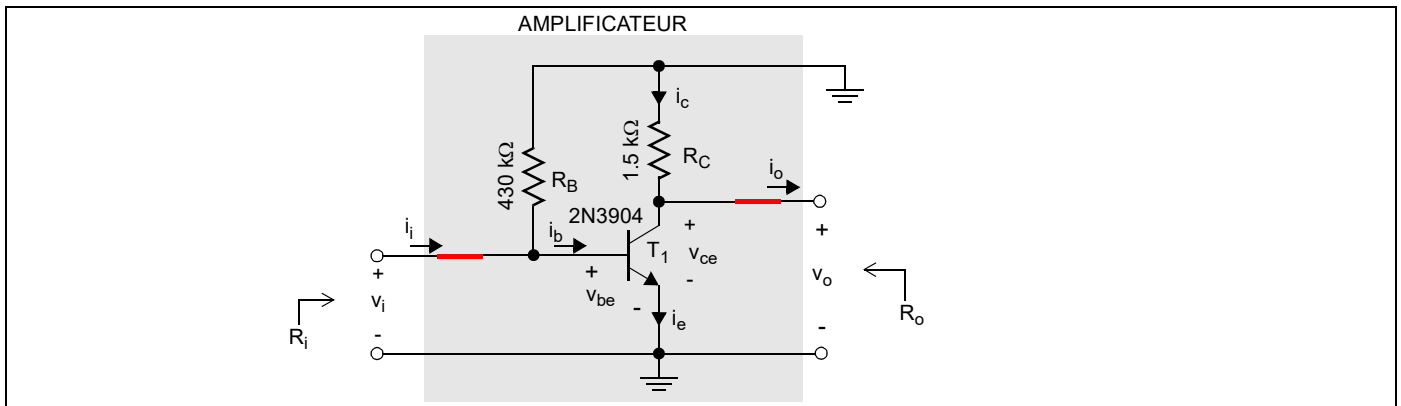
**b) Calculer le paramètre  $r_\pi$  du modèle “petit signal” du transistor. (4 points)**

La résistance  $r_e$  est égale à :  $r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25.7 \text{ mV}}{5 \text{ mA}} = 5.14 \Omega$

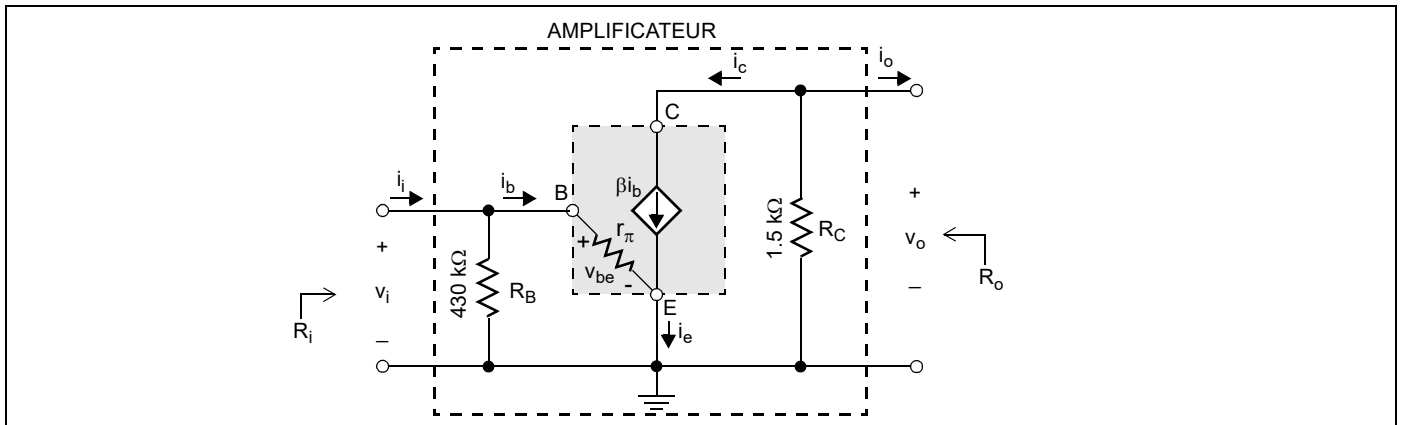
La résistance  $r_\pi$  est égale à :  $r_\pi = (\beta + 1) r_e = 151 \times 5.14 \Omega = 776.14 \Omega$

**c) Tracer un circuit équivalent petit signal de l'amplificateur utilisant le modèle “petit signal” simplifié du transistor. (5 points)**

On court-circuite toutes les sources DC et tous les condensateurs (dont l'impédance est négligeable à la fréquence du signal).



On remplace le transistor  $T_1$  par son modèle petit signal.



d) À l'aide du circuit équivalent petit signal, **calculer** la résistance d'entrée  $R_i$ , la résistance de sortie  $R_o$  et le gain en tension (sans charge)  $A_{v0} = \frac{v_o}{v_i}$  de l'amplificateur. (2.5 points, 2.5 points, 5 points)

Résistance d'entrée : 
$$R_i = \left. \frac{v_i}{i_i} \right|_{v_o=0} = R_B \parallel r_\pi = 430\text{k}\Omega \parallel 776.14\Omega = 774.74\Omega$$

Résistance de sortie : 
$$R_o = \left. \frac{v_o}{i_o} \right|_{v_i=0} = R_C = 1.5\text{k}\Omega$$

La tension de sortie (sans charge) est égale à: 
$$v_o = -\beta i_b \times R_C = -\beta \left( \frac{v_i}{r_\pi} \right) \times R_C$$

Le gain en tension (sans charge) est donc égal à: 
$$A_{v0} = \frac{v_o}{v_i} = -\beta \frac{R_C}{r_\pi} = -150 \times \frac{1.5\text{k}\Omega}{776.14\Omega} = -289.9$$

**Problème no. 3 (25 points)**

a) **Déterminer et tracer** en fonction du temps la tension  $v_D(t)$  et le courant  $i_D(t)$ . (10 points)

- Lorsque  $v_s = 10 \text{ V}$ , le MOSFET est en conduction avec  $r_{DS(on)} = 5 \Omega$

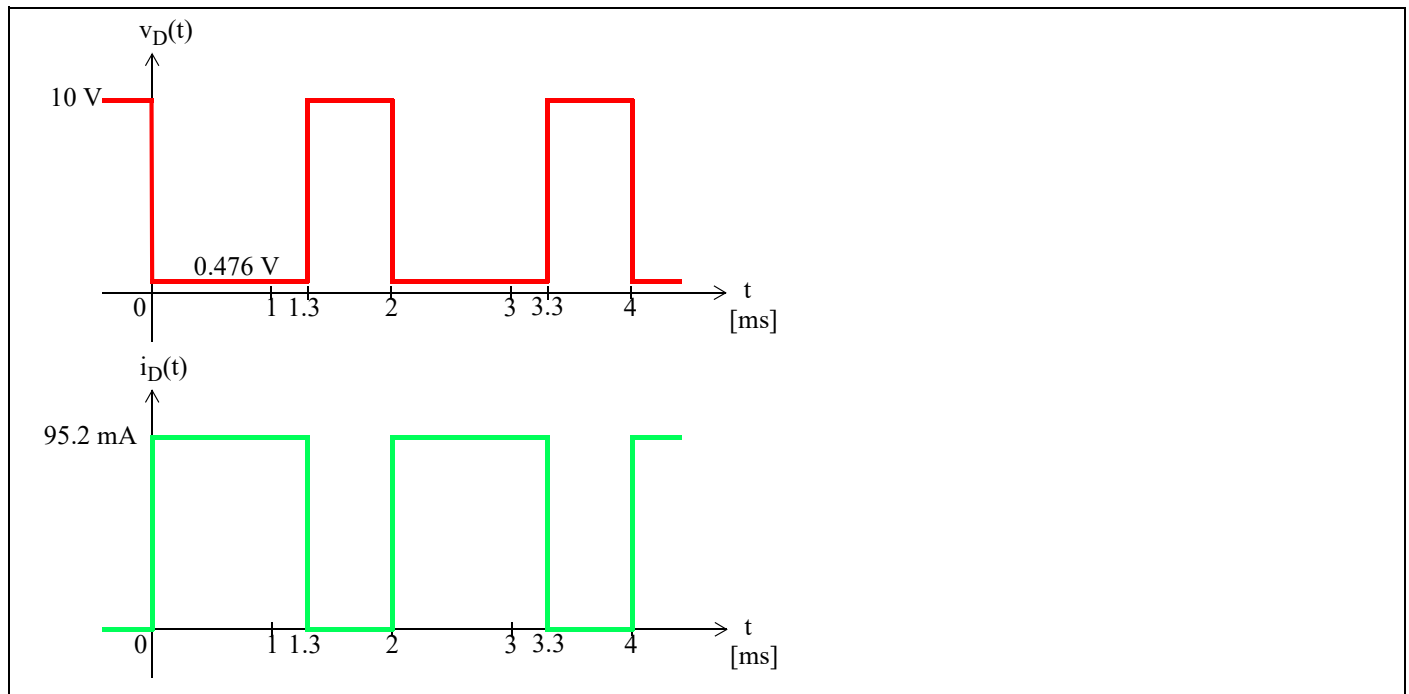
Le tension  $v_D$  est égal à: 
$$v_D = \frac{5\Omega}{5\Omega + 100\Omega} \times 10\text{V} = 0.476 \text{ V}$$

Le courant  $i_D$  est égal à: 
$$i_D = \frac{10\text{V}}{5\Omega + 100\Omega} = 95.2 \text{ mA}$$

- Lorsque  $v_s = 0 \text{ V}$ , le MOSFET est bloqué.

La tension  $v_D$  est égal à: 
$$v_D = 10 \text{ V}$$

Le courant  $i_D$  est égal à: 
$$i_D = 0 \text{ mA}$$



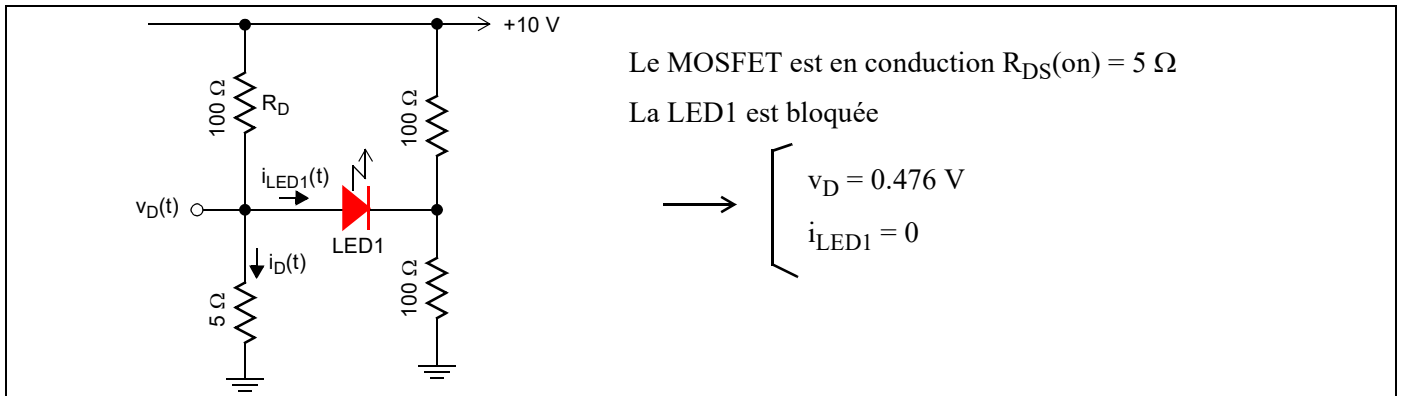
b) **Calculer** la valeur moyenne du courant  $i_D(t)$ . (5 points)

Le rapport cyclique du courant  $i_D(t)$  est: 
$$\alpha = \frac{1.3}{2} = 0.65$$

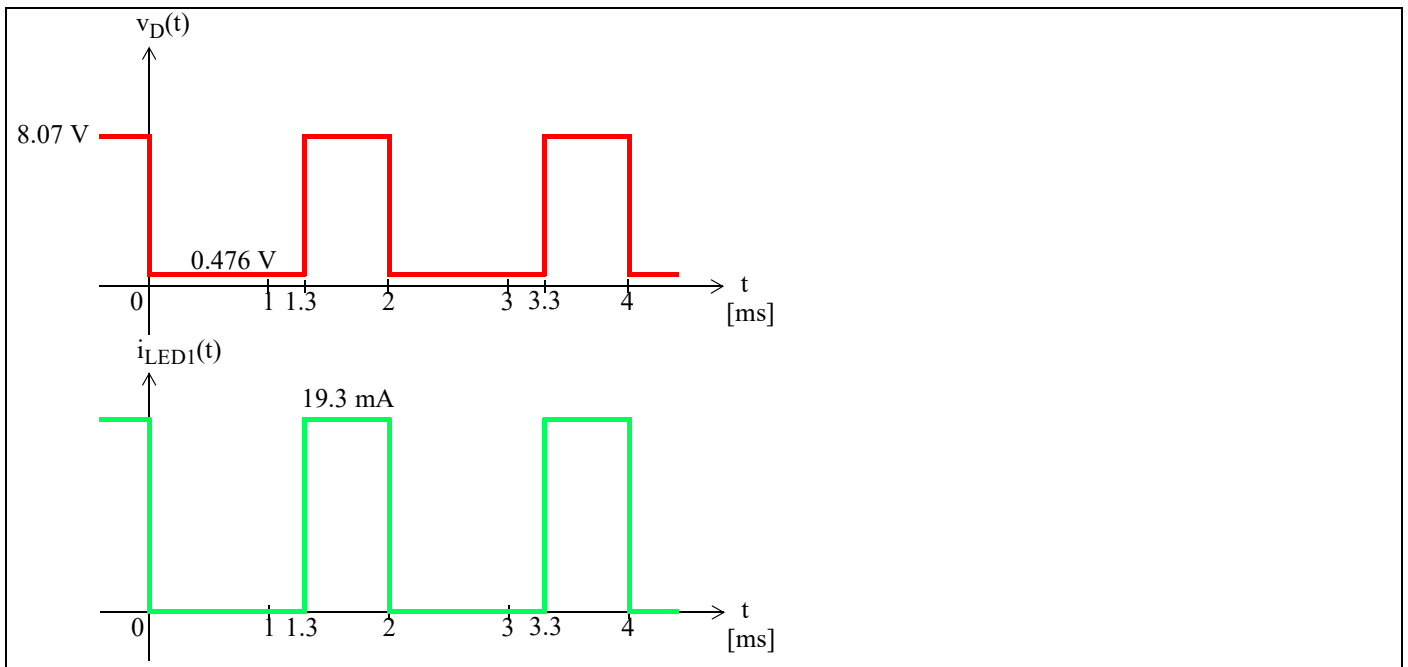
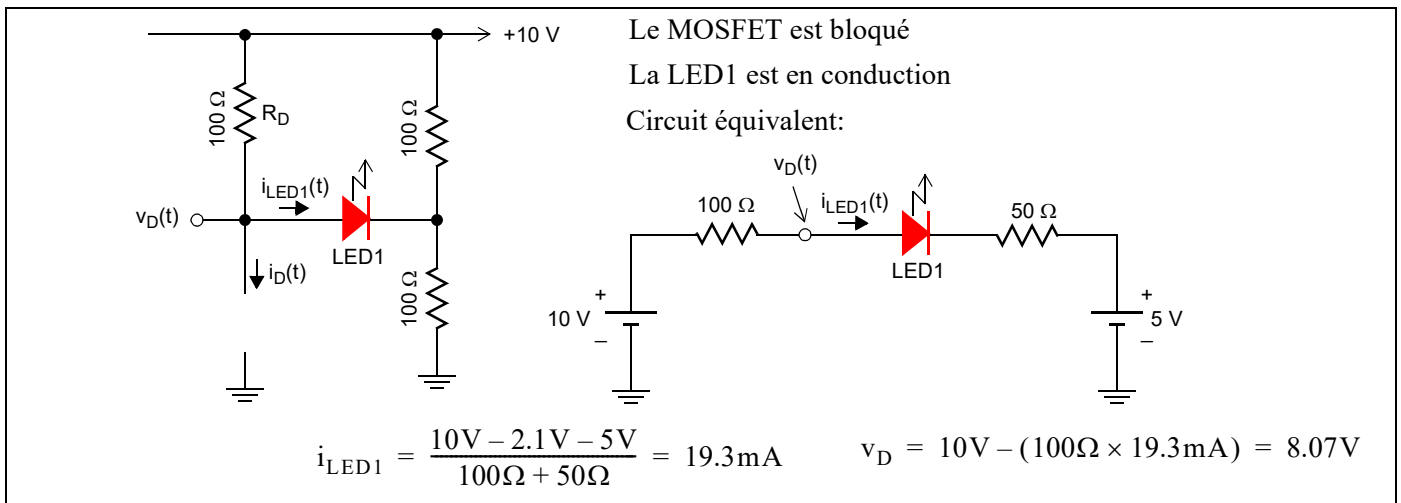
La valeur moyenne du courant  $i_D(t)$  est égale à: 
$$I_D(\text{moy}) = \alpha \times 95.2\text{mA} = 0.65 \times 95.2\text{mA} = 61.88 \text{ mA}$$

c) **Déterminer et tracer** en fonction du temps la tension  $v_D(t)$  et le courant  $i_{LED1}(t)$ . (7 points)

Lorsque  $v_s = 10\text{ V}$ :



Lorsque  $v_s = 0\text{ V}$ :



- **Calculer** la valeur moyenne du courant  $i_{LED1}(t)$ . (3 points)

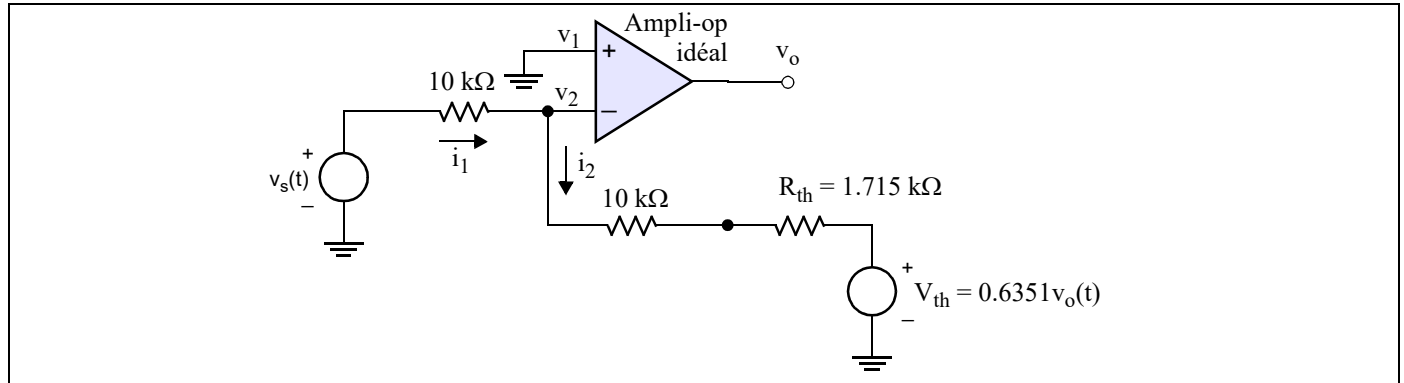
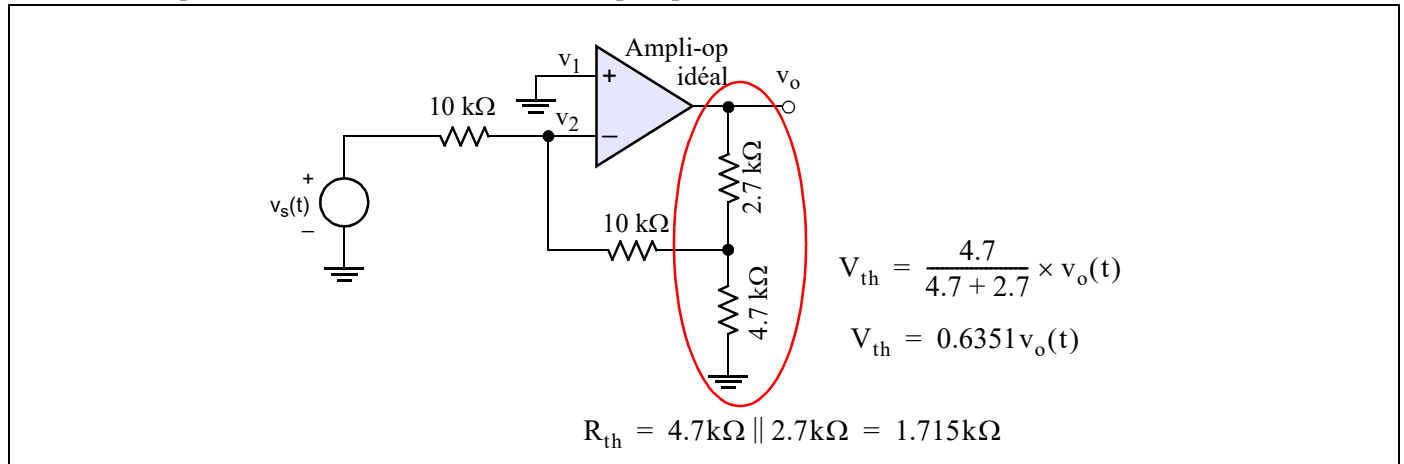
La valeur moyenne du courant  $i_{LED1}(t)$  est égale à:

$$i_{LED1}(\text{moy}) = \frac{0.7}{2} \times 19.3\text{ mA} = 6.755\text{ mA}$$

**Problème no. 4 (25 points)**

a) - Calculer le gain en tension  $A_v = \frac{v_o}{v_s}$ . (7 points)

On calcule l'équivalent Thévenin à la sortie de l'ampli-op:



Au point “-” de l'ampli-op, on a la relation suivante:  $i_1 = i_2$

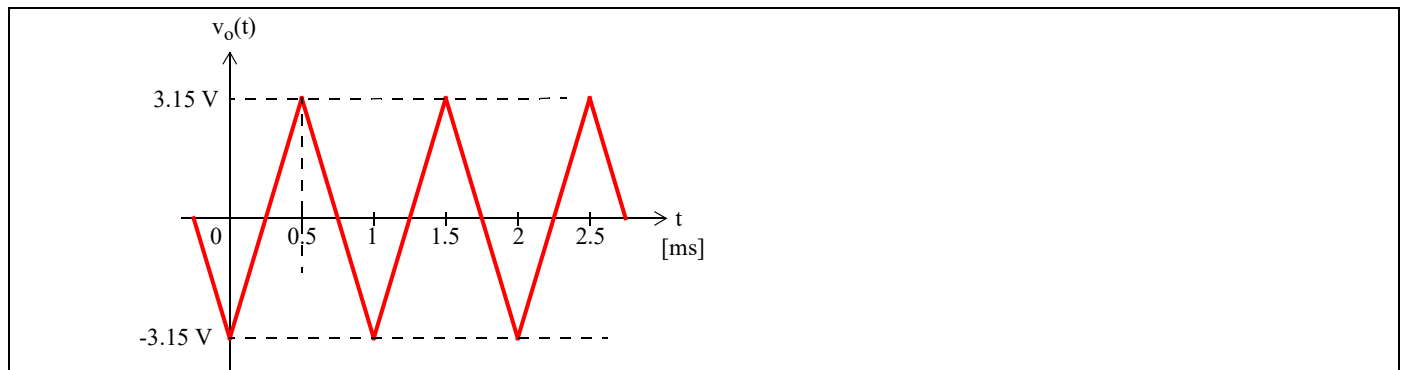
$$\frac{v_s(t)}{10 \text{ k}\Omega} = \frac{-V_{th}}{R_{th} + 10 \text{ k}\Omega}$$

$$\frac{v_s(t)}{10 \text{ k}\Omega} = \frac{-0.6351 v_o(t)}{1.715 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega}$$

On déduit le gain en tension du circuit:

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = -\frac{11.715 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} \times \frac{1}{0.6351} = -1.575$$

- Tracer en fonction du temps le signal de sortie  $v_o(t)$ . (3 points)



b) - **Déterminer** le taux de rétroaction  $\beta$ . (3 points)

Le taux de rétroaction est égal à:  $\beta = \frac{1.2k\Omega}{1.2k\Omega + 20k\Omega} = 0.0566$

- **Calculer** le gain en tension  $A_v = \frac{v_o}{v_i}$ , la résistance d'entrée  $R_i$  et la résistance de sortie  $R_o$  de l'amplificateur.

(9 points)

Le gain en tension est égal à:  $A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{A_0}{1 + \beta A_0} = \frac{100000}{1 + (0.0566 \times 100000)} = 17.66$

La résistance d'entrée est égale à:  $R_i = r_i(1 + \beta A_0) = 2M\Omega \times (1 + (0.0566 \times 100000)) = 11323M\Omega$

La résistance de sortie est égale à:  $R_o = \frac{r_o}{1 + \beta A_0} = \frac{100\Omega}{1 + \left(\frac{1}{11} \times 100000\right)} = 0.0177\Omega$

- **Déterminer** la largeur de bande de l'amplificateur. (3 points)

La fréquence de coupure est la largeur de bande de l'amplificateur:

$$f_{Cf} = \frac{f_T}{A_v} = \frac{1MHz}{17.66} = 56.625 \text{ kHz}$$