

Devoir maison 1 pour le mercredi 24 Septembre 2025 - Facultatif

S. Benlhajlahsen



I Corrigé

II Diode à effet tunnel

II.A Étude de la caractéristique statique

Question 1 : Une analyse rapide montre que :

- a est homogène au rapport d'une intensité sur le cube d'une tension donc s'exprime $A \cdot V^{-3}$ ou $\Omega^{-1} \cdot V^{-2}$ ou $S \cdot V^{-2}$;
- b est homogène au rapport d'une intensité sur le carré d'une tension donc s'exprime $A \cdot V^{-2}$ ou $\Omega^{-1} \cdot V^{-1}$ ou $S \cdot V^{-1}$;
- c est homogène au rapport d'une intensité sur une tension donc s'exprime $A \cdot V^{-1}$ ou Ω^{-1} ou S ;

Question 2 : La relation courant-tension de la diode passe par le point de coordonnées (u_P, i_P) d'où $i_P = f(u_P) = au_P^3 - bu_P^2 + cu_P$. De plus, on peut considérer la dérivée de la fonction f :

$$f'(u) = \frac{di}{du} = 3au^2 - 2bu + c$$

Comme les deux points P et V sont des extremas locaux alors la dérivée y est localement nulle d'où $f'(u_P) = 0$ et $f'(u_V) = 0$. On a alors le système de trois équations :

$$\begin{cases} au_P^3 - bu_P^2 + cu_P = i_P \\ 3au_P^2 - 2bu_P + c = 0 \\ 3au_V^2 - 2bu_V + c = 0 \end{cases}$$

Ce qui constitue un système de trois équations à trois inconnues.

Question 3 : La résolution donne :

$$\begin{cases} a = \frac{2i_P}{3u_P^2(u_P + u_V) - 4u_P^3} \\ b = \frac{3(u_P + u_V)i_P}{3u_P^2(u_P + u_V) - 4u_P^3} \\ c = \frac{6u_P u_V i_P}{3u_P^2(u_P + u_V) - 4u_P^3} \end{cases}$$

Question 4 : La valeur numérique de u_V donne directement i_V :

$$i_V = au_V^3 - bu_V^2 + cu_V \approx 5,49 \times 10^{-4} \text{ A} \approx 0,549 \text{ mA}$$

Cette valeur se retrouve sur la caractéristique sans difficulté.

Question 5 : Une résistance dynamique négative correspond à une dérivée $\frac{di}{du}$ négative et donc à une courbe décroissante. La résistance est donc négative pour $u_P < u < u_V$.

Question 6 :

- La dérivée seconde correspond à $\frac{d^2i}{du^2} = 6au - 3b$. Cette dernière est nulle en I d'où $6au_I - 3b = 0$ puis $u_I \approx 180 \text{ mV}$;
- La pente de la courbe vaut en I $\frac{di}{du} = 3au_I^2 - 2bu_I + c \approx -3,94 \times 10^{-2} \Omega^{-1}$ soit une résistance $R_d \approx -25,3 \Omega$.

II.B Point de fonctionnement de la diode

Question 7 : On remarque que la loi des mailles s'écrit $u = E - (r + R)i$ puis $i = \frac{E - u}{R + r}$. On représente sur la figure 1 cette caractéristique de l'ensemble $\{E, r, R\}$. Le point de fonctionnement correspond à $u \approx 386 \text{ mV}$ et $i \approx 2,91 \text{ mA}$.

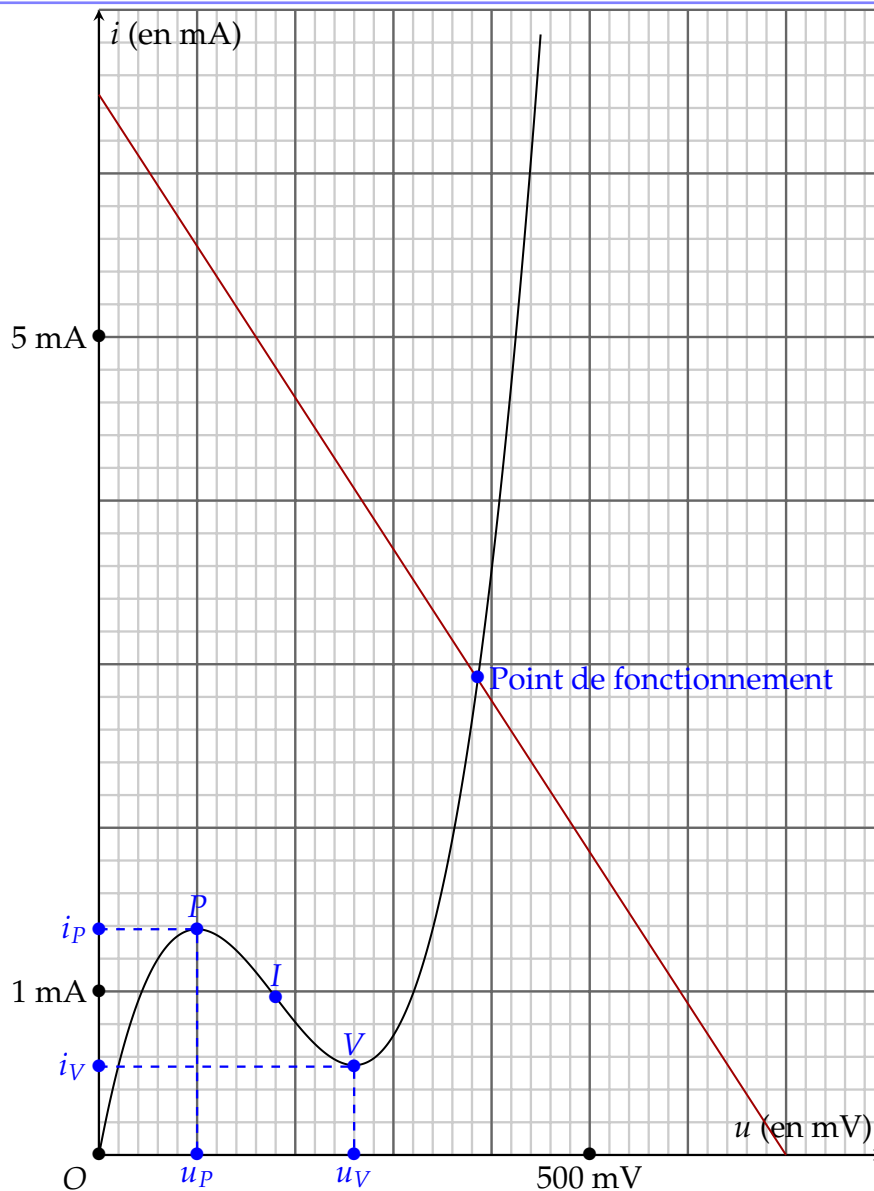


FIGURE 1 – Allure de la caractéristique statique.

Question 8 : la puissance reçue par la diode vaut alors $\mathcal{P} = u i \approx 1,12 \text{ mW}$. Cela correspond à une puissance habituelle pour un composant électronique. De plus, cette puissance est positive car la diode reçoit de l'énergie de la part du générateur.

La puissance totale dissipée par effet Joule vaut $\mathcal{P}_{\text{Joule}} = (R + r)i^2 \approx 0,913 \text{ mW}$.

Question 9 : On peut tout d'abord tracer la caractéristique de l'ensemble $\{E, r, R\}$ pour différentes valeurs de R (voir figure 2). On constate qu'il est possible d'avoir 1, 2 ou trois points de fonctionnement. Il y a deux cas limites lorsque cette caractéristique passe par P ou V ce qui correspond respectivement à $R \approx 427 \Omega$ et $R \approx 794 \Omega$. On a donc plusieurs solutions si $427 \Omega \leq R \leq 794 \Omega$.

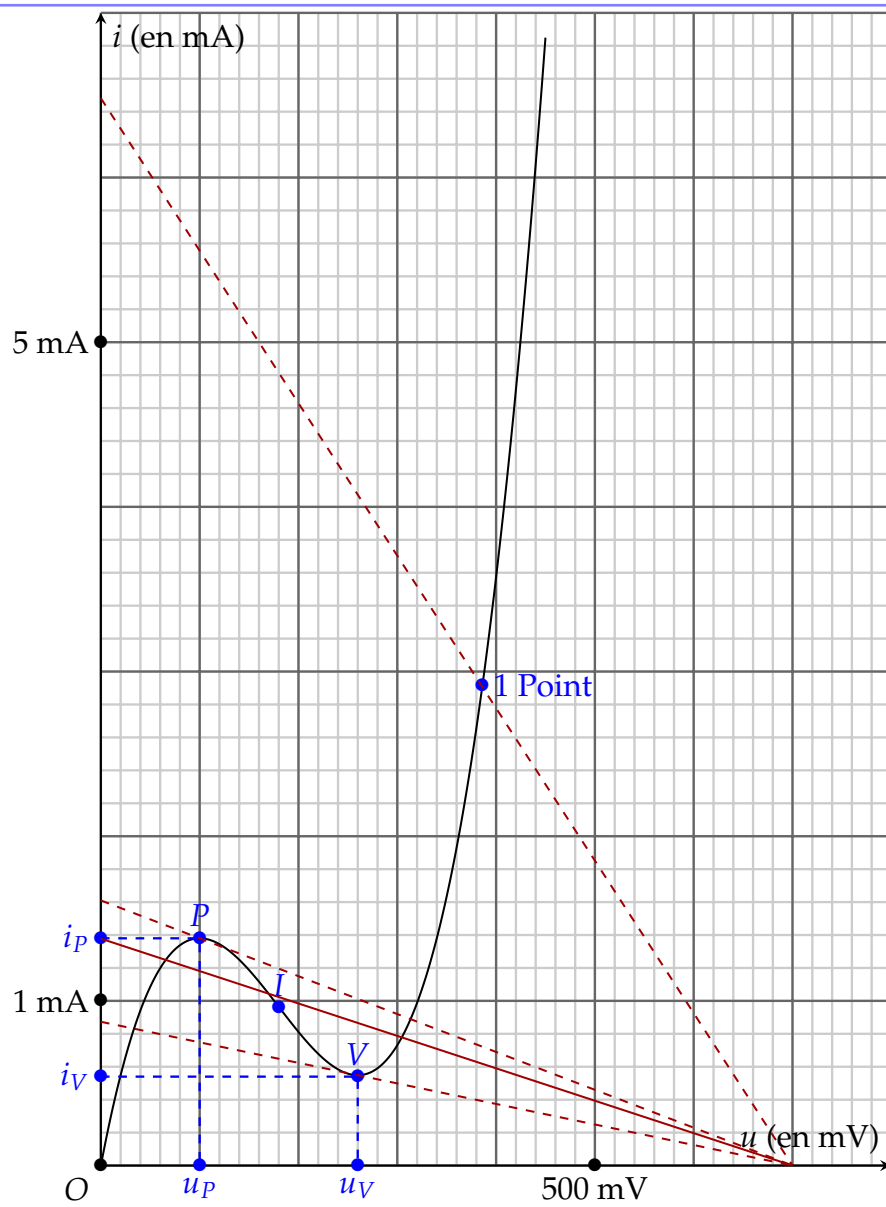


FIGURE 2 – Allure de la caractéristique statique.