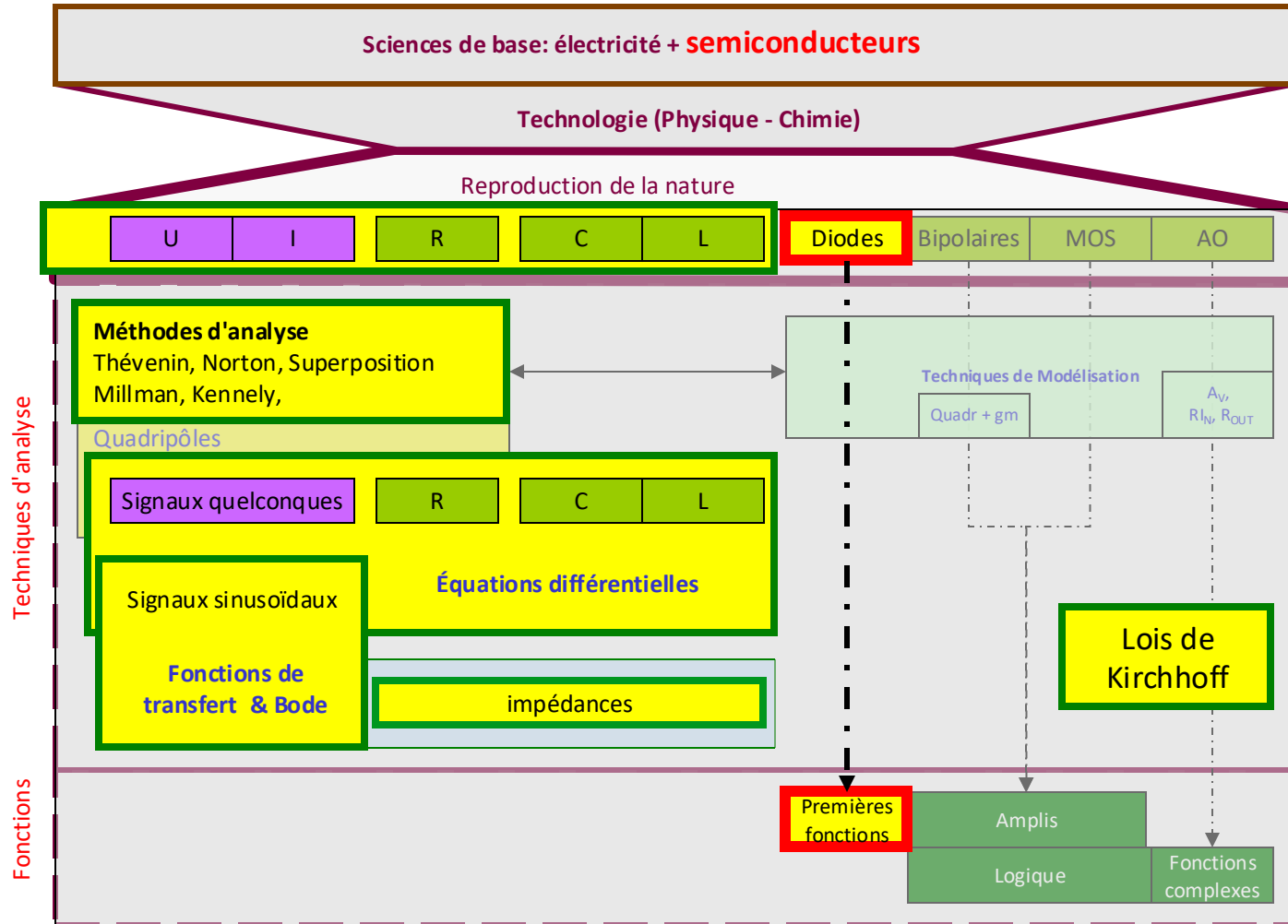
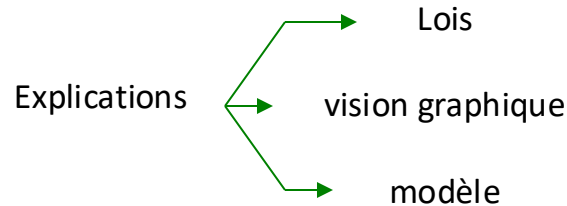


Relations entre les différentes notions



Partie 1: Introduction sur les diodes

Observations : Comportement DC → Comportement AC → Superposition



```
graph LR; Fonctionnalites --> Box; subgraph Box; direction TB; A[Analytiquement]; B[Graphiquement]; end;
```

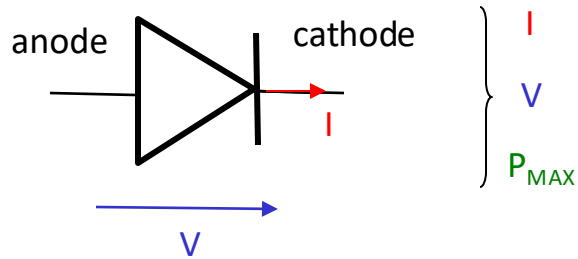
Analytiquement

- avec lois physiques
- avec modèle

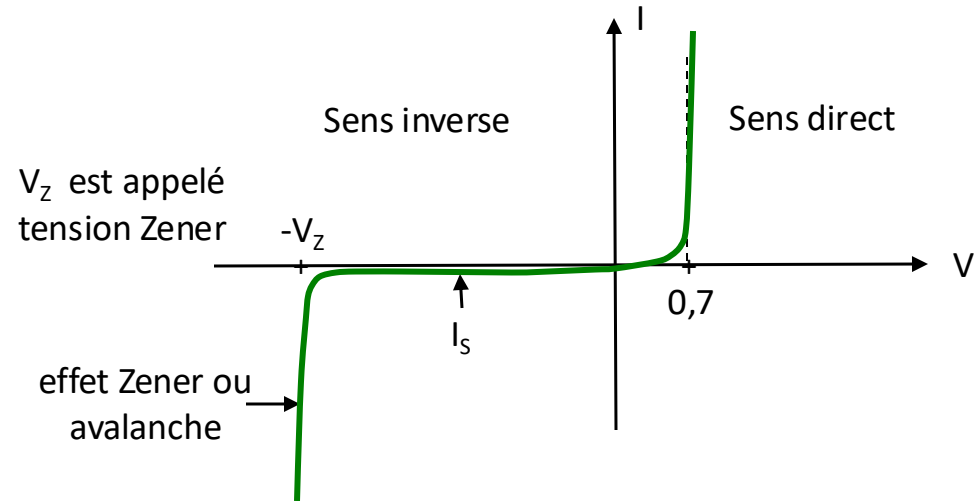
Graphiquement

Les diodes

Symbole



Comportement non linéaire



Petite parenthèse : semi-conducteurs si vous avez envie d'en savoir plus

L'atome et le cristal de silicium

Les bandes d'énergie:

- changement de niveau d'énergie,
- génération d'une paire électron-trou
- durée de vie porteurs libres

Quantité de charges insuffisante pour des courants significatifs

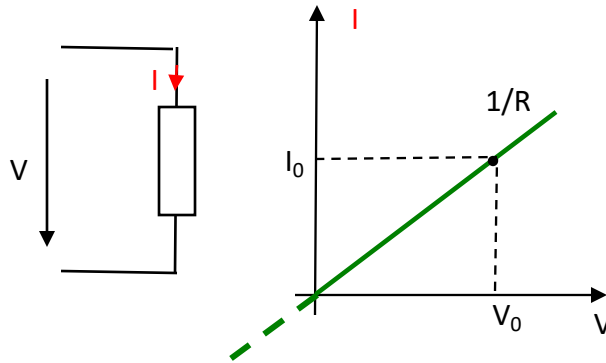
Dopage (N et P)

- donneurs et accepteurs d'électrons
- augmentation des porteurs libres
- porteurs minoritaires
- constante de charge fixe

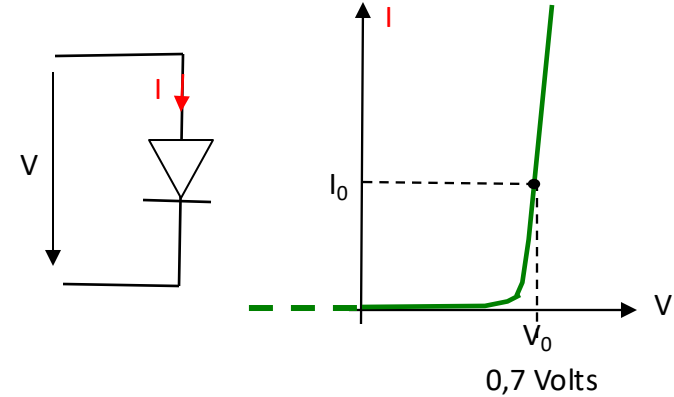
La jonction

- courant de diffusion
- courant de conduction
- équilibre – barrière de potentiel

Comparaison Diode résistance



Avec la résistance: $I_0 = \frac{V_0}{R}$

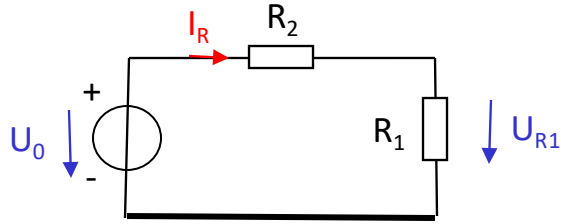


Avec la Diode: $I_0 = I_S \cdot \left(e^{\frac{V_0}{nU_T}} - 1 \right)$

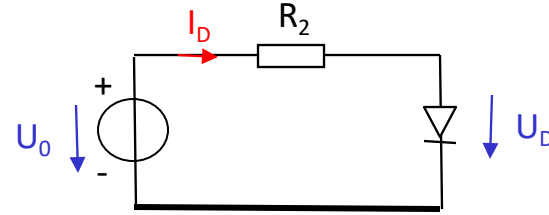
- I_S le "courant inverse de saturation" : $10^{-15} < I_S < 10^{-10}$ A dans les exercices!!!
- $U_T = \frac{kT}{q} = 26.10^{-3}$ V à 27° ($k = 1,380\,649 \times 10^{-23}$ J K⁻¹)
- $1 < n < 2$

Première approximation : $I_0 = I_S \cdot e^{\frac{V_0}{nU_T}}$

Circuit de base



$$I_R = \frac{U_{R1}}{R_1}$$
$$U_{R1} = U_0 - R_2 \cdot I_R = U_0 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



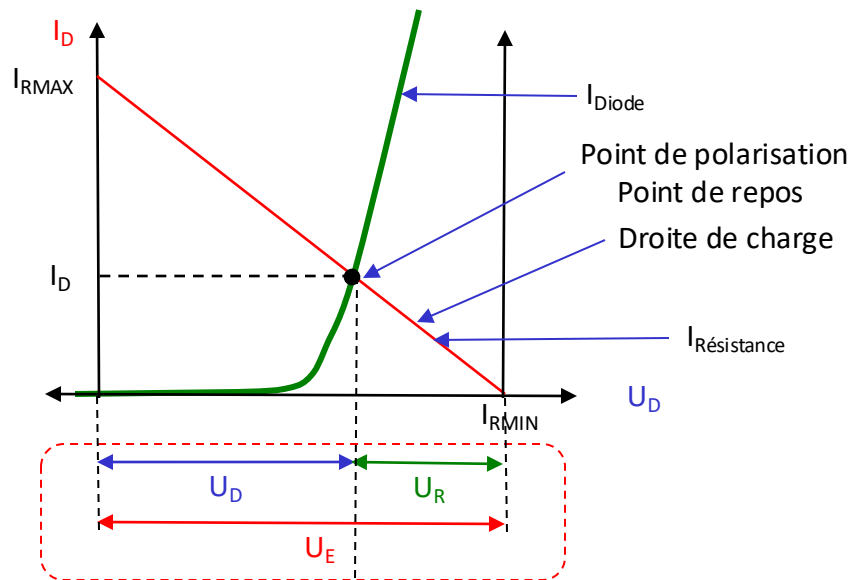
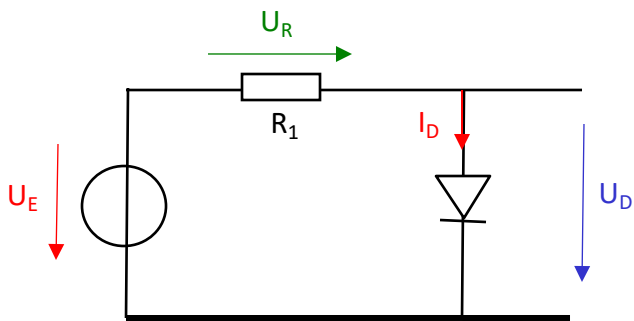
$$I_D = I_S e^{\frac{U_D}{nU_T}}$$
$$U_D = U_0 - R_2 \cdot I_D = U_0 - R_2 \cdot I_S e^{\frac{U_D}{nU_T}}$$

Comment analyser de tels circuits ? ? ?

- Résolution mathématique: Impossible à calculer!!!!
- Résolution graphique
- Utilisation de modèles

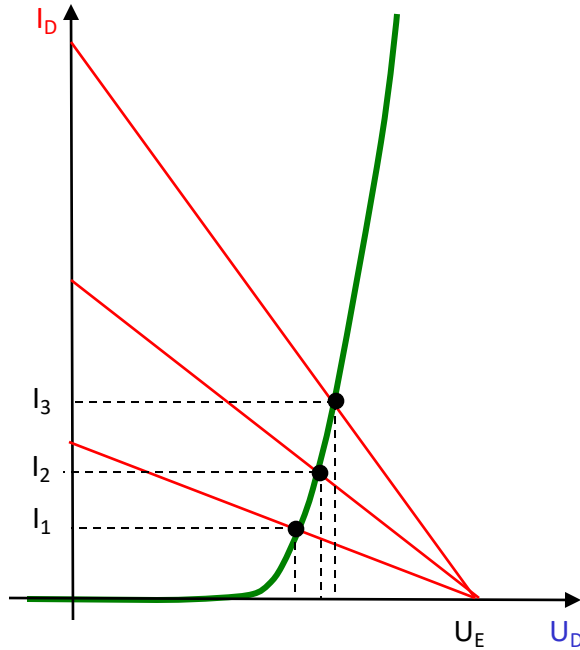
Résolution graphique

Approche très intuitive

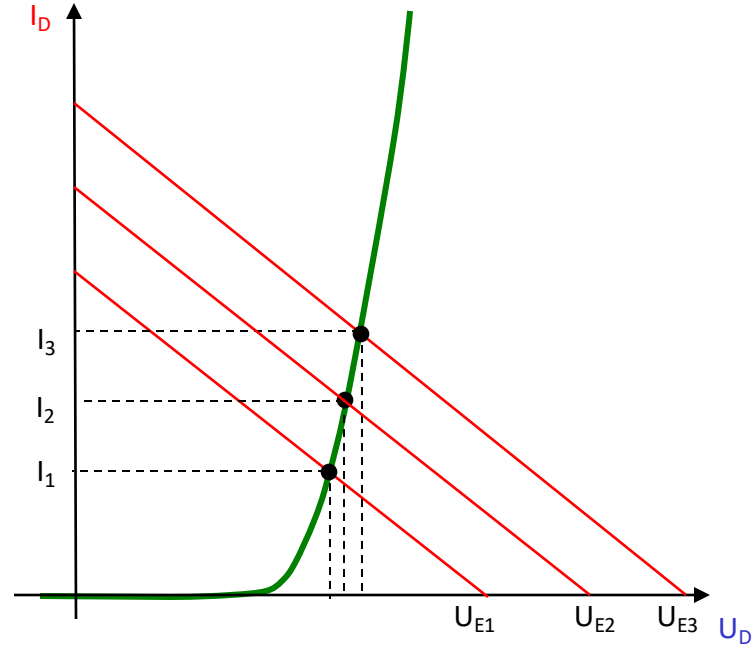


Remarque

Courant évolue vite & Tension évolue lentement



Changement de résistances

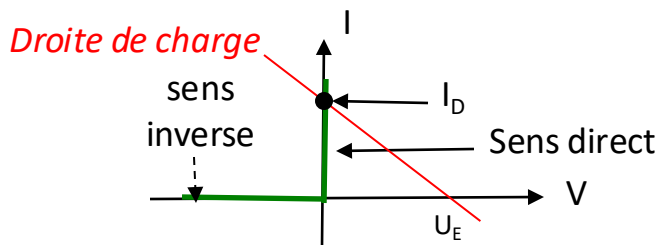


Changement de tensions d'entrée

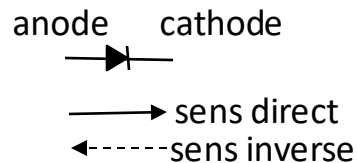
Justification des modèles

1. Simplifier les calculs
2. Sentir les ordres de grandeur (démarche plus qualitative que quantitative)
3. Introduire des éléments linéaires qui approximent la réalité

Utilisation de Modèles pour la diode



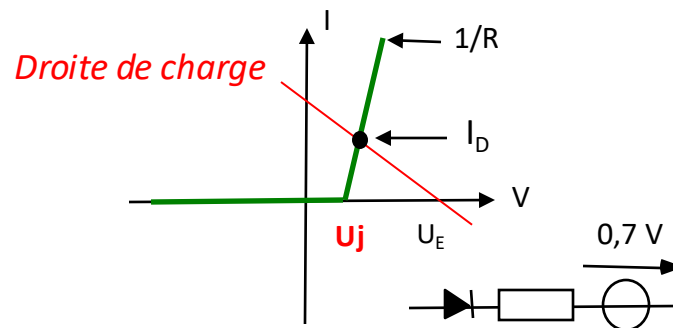
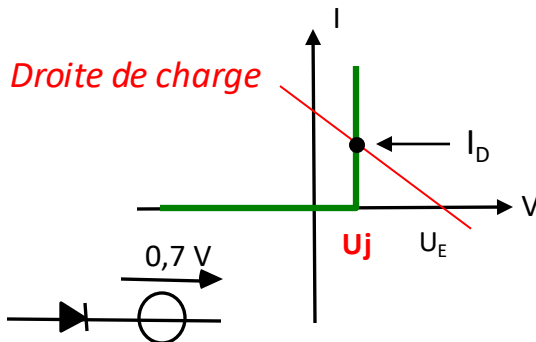
caractéristique de la diode idéale



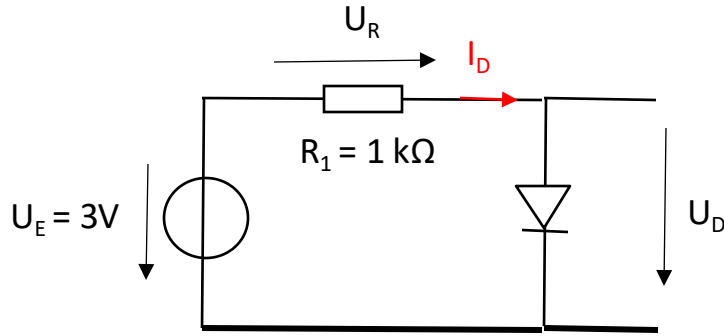
Symbole de la diode

Dans certains cas d'utilisation de la diode, l'exponentielle peut être approximée par le modèle à chute de tension suivant :

Modèle le plus commun



Usage du Modèle $U_D = U_j$: DANGER !!!!



Prenons $U_D = U_j$

Comparons $I_{D1} = \frac{U_E - U_j}{R_1}$ et $I_{D2} = I_S e^{\frac{U_j}{nU_T}}$

Erreur sur la tension: Imaginons que $U_{D\text{réel}} = 0.674\text{ V} \Rightarrow$
 U_j correspond en tension à une erreur de l'ordre de 3%

Erreur sur I_{D1} = 1 % (diminue si U_E augmente)

Erreur sur I_{D2} = 270 %

Deux méthodes de calcul avec le modèle U_j

Calcul du courant via la loi exponentielle

$$I_{D2R\acute{e}el} = I_S e^{\frac{0.674}{0.026}} \quad \text{et} \quad I_{D2Mod\grave{e}le} = I_S e^{\frac{0.700}{0.026}}$$

Erreur monstrueuse

$$\frac{I_{D2Mod\grave{e}le}}{I_{D2R\acute{e}el}} = \frac{e^{\frac{0.700}{0.026}}}{e^{\frac{0.674}{0.026}}} = e^{\frac{0.700-0.674}{0.026}} = e$$

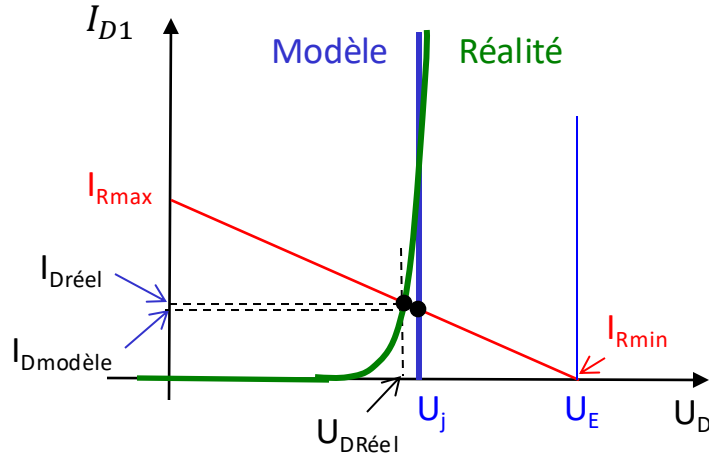
Calcul du courant via la loi d'ohm (linéaire)

$$I_{D1Mod\grave{e}le} = \frac{U_E - U_j}{R_1} = \frac{3 - 0.7}{1000} = 2.3 \text{ mA}$$

Erreur faible

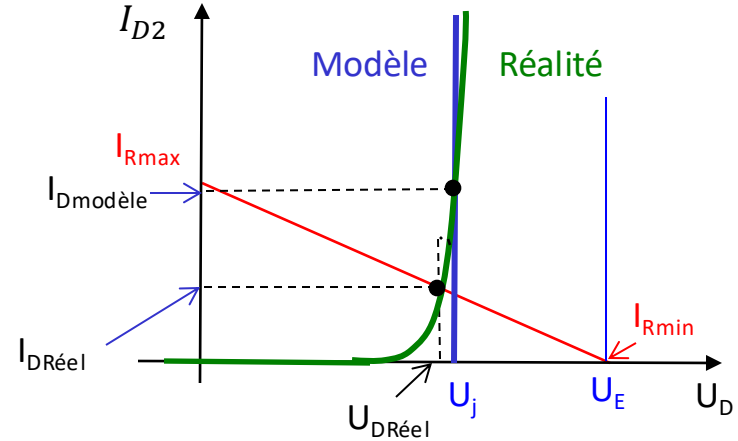
$$I_{D1R\acute{e}el} = \frac{U_E - U_{Dr\acute{e}el}}{R_1} = \frac{3 - 0.674}{1000} = 2.326 \text{ mA}$$

Vérification graphique



Exploitation:

- Loi d'ohm
- Droite de charge
- Et $I_{D1} = \frac{U_E - U_j}{R_1}$

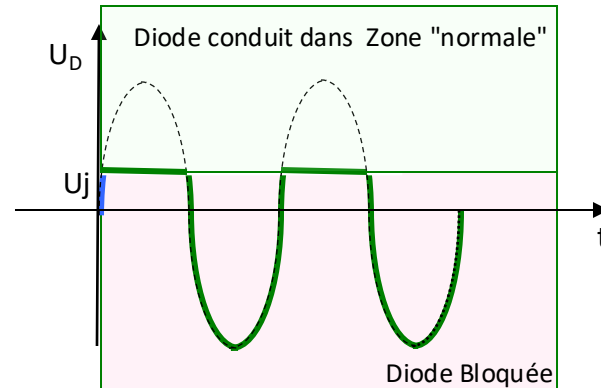
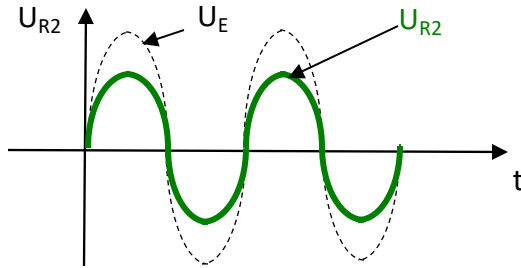
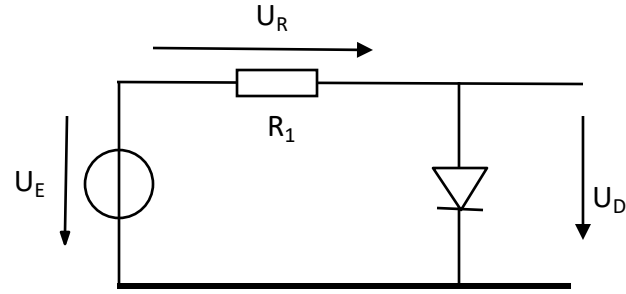
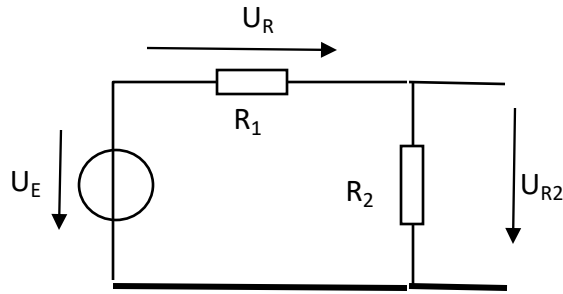


Exploitation

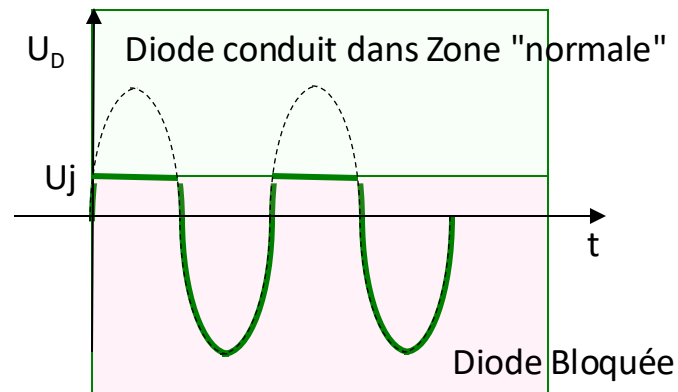
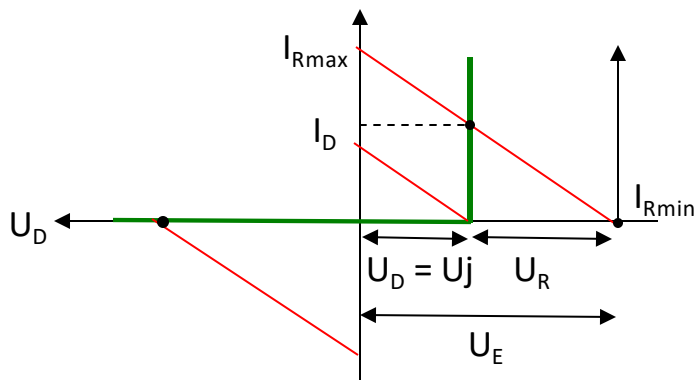
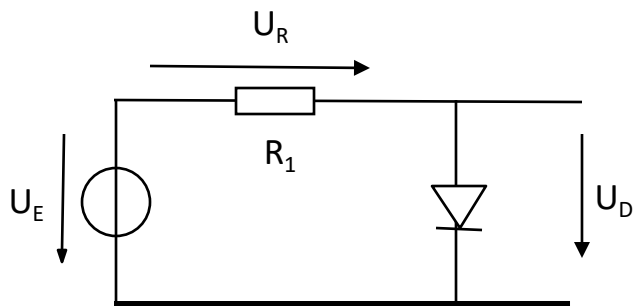
- Loi exponentielle
- $I_{D2} = I_s e^{\frac{U_D}{nU_T}}$

Comparaison Résistances - Diodes:

Pour les grands signaux - Sens Normal

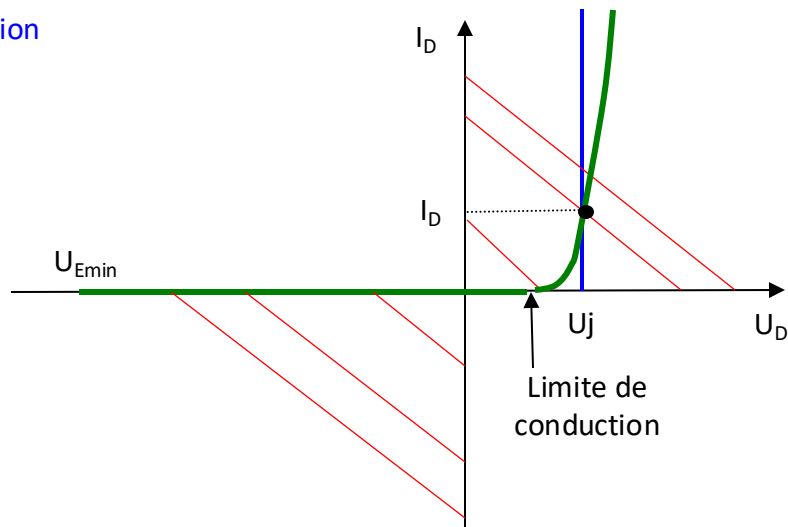
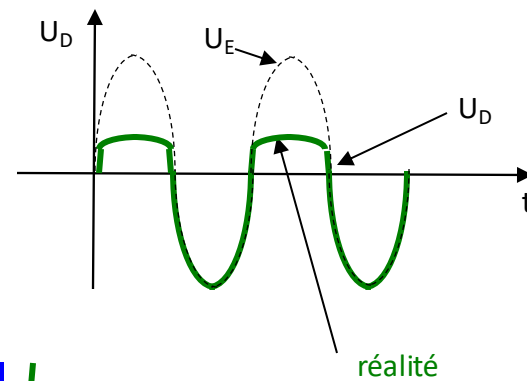
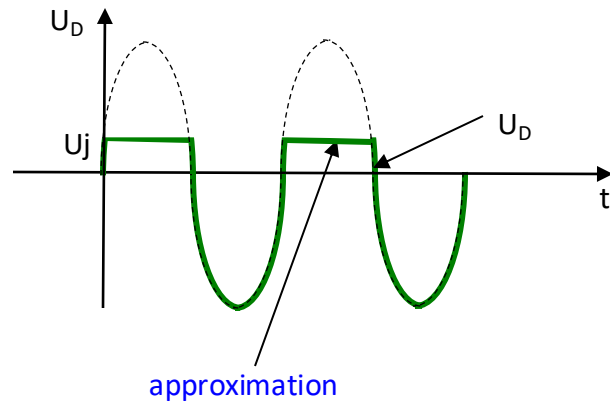


Explication pour les grands signaux

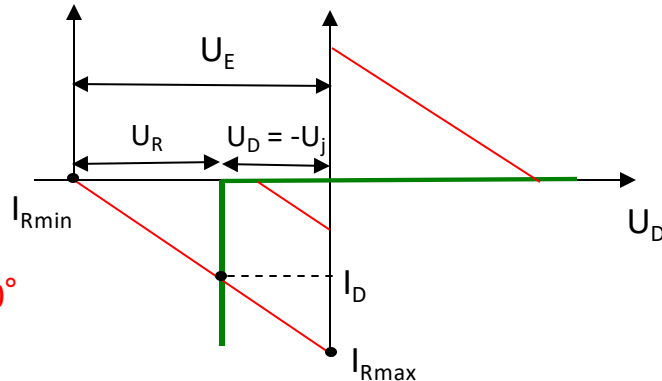
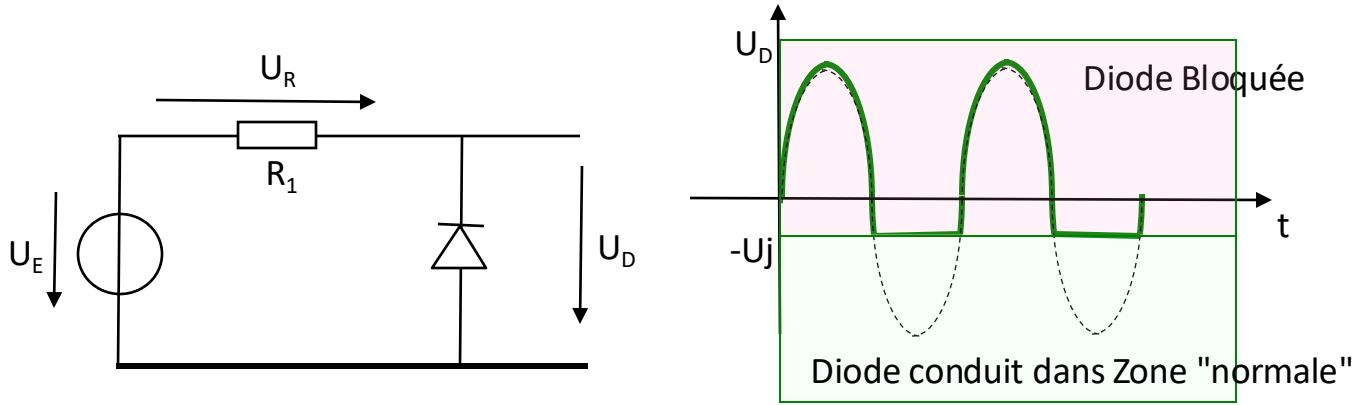


Les courbes réelles sont un peu différentes!

La réalité



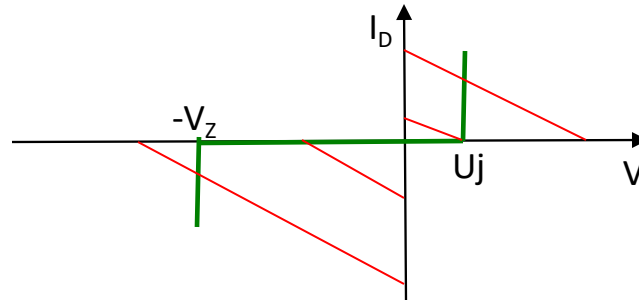
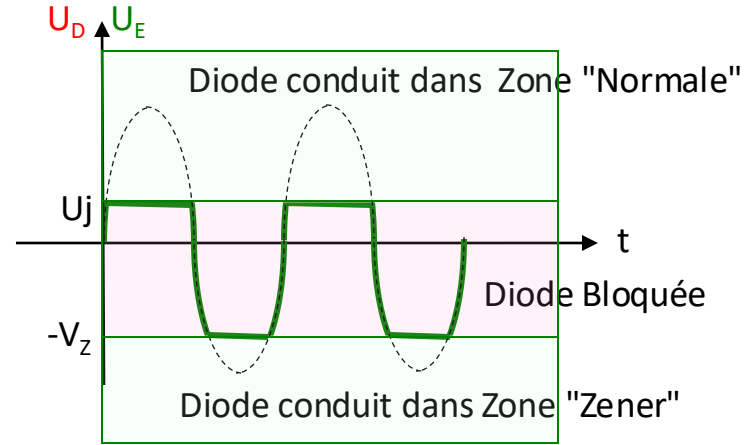
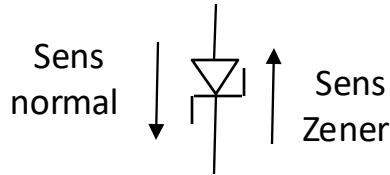
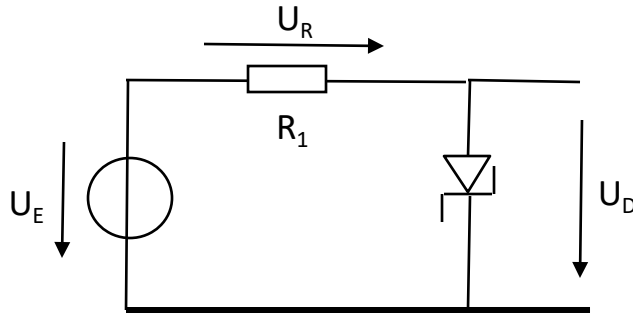
Grands signaux: Montage diode en inverse



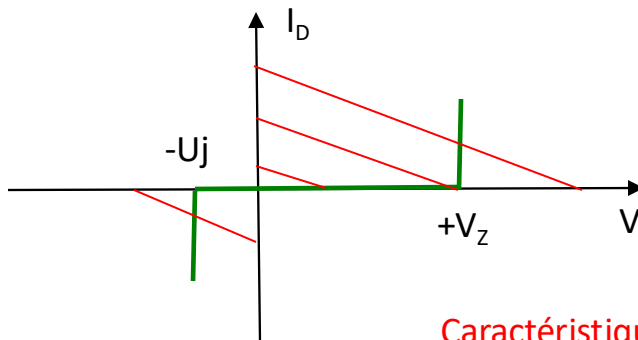
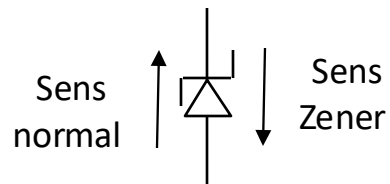
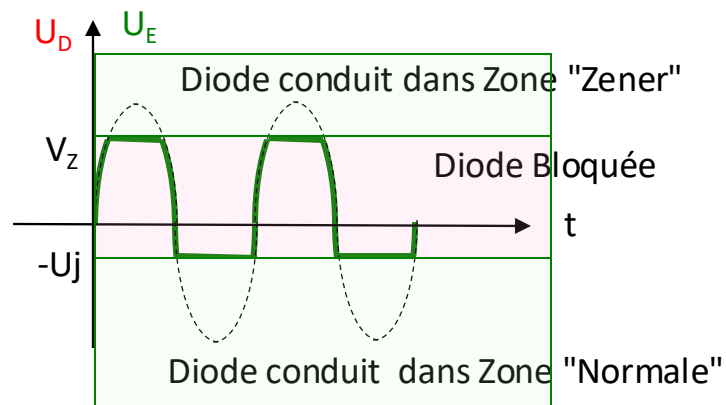
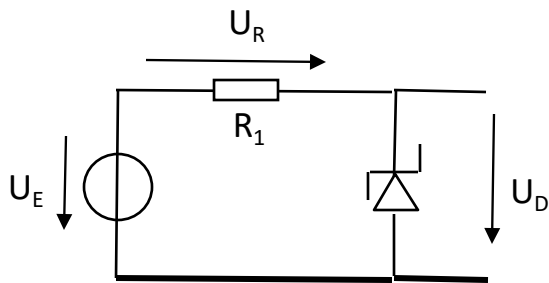
Caractéristique pivote de 180°

Diode Zener dans le sens normal

Limitation de tension avec une zener

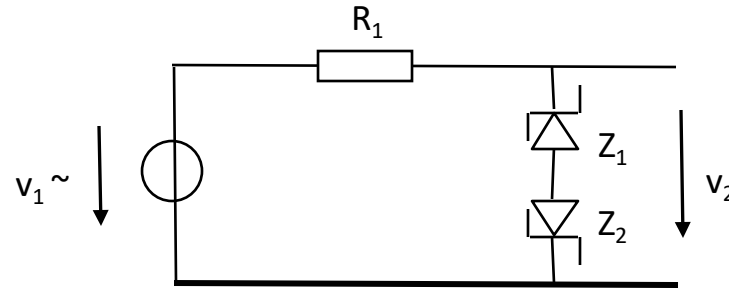


Diode Zener dans le sens inverse



Caractéristique pivote de 180°

Exemple

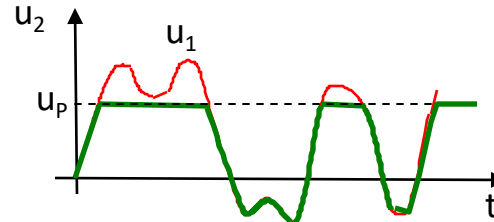
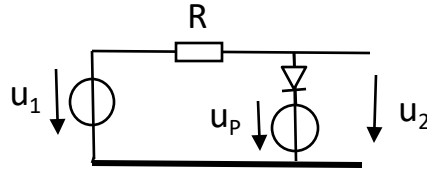


v_1 est une source de tension alternative sinusoïdale de 12 V, $V_{Z1} = 4.3\text{V}$, $V_{Z2} = 6.3\text{V}$.

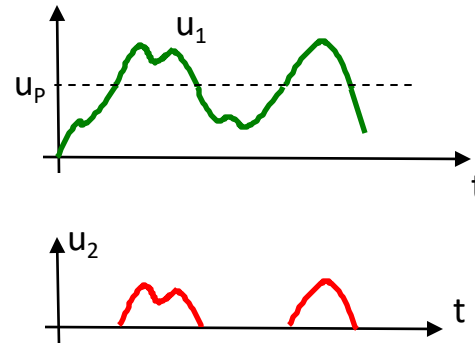
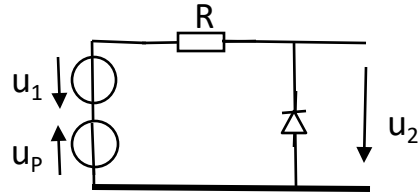
1. Dessiner le signal de sortie $v_2(t)$.
2. Calculer R_1 pour que le courant maximal $I_{\max}$ traversant les diodes ne dépasse pas 50 mA.
3. Dessiner le signal de sortie $v_2(t)$ lorsqu'une résistance de charge $R_L = 100\ \Omega$ est appliquée aux bornes du montage.

Montages spéciaux

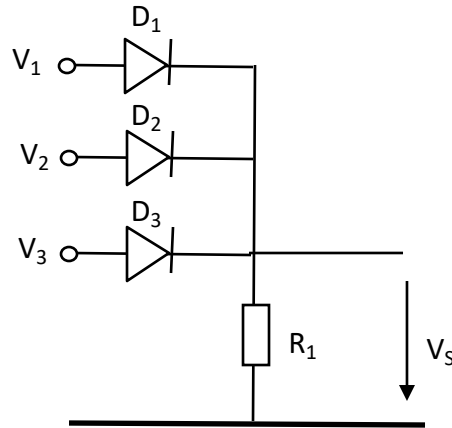
Limiteur



Détecteur à seuil



Détecteur de tension la plus élevée



Raisonner par l'absurde