

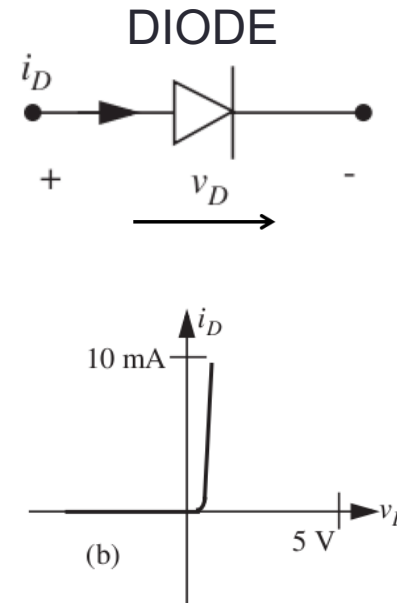
CIRCUITS NON LINEAIRES

LA DIODE

Fonctionnement et modèles de la diode

Relation entre courant et tension

$$i_D = I_S \left(e^{\frac{v_D}{nU_T}} - 1 \right)$$



$1 < n < 2$ (souvent on considère $n=1$)

U_T tension thermique $U_T = kT/q = 0.025 \text{ V}$ à température ambiante

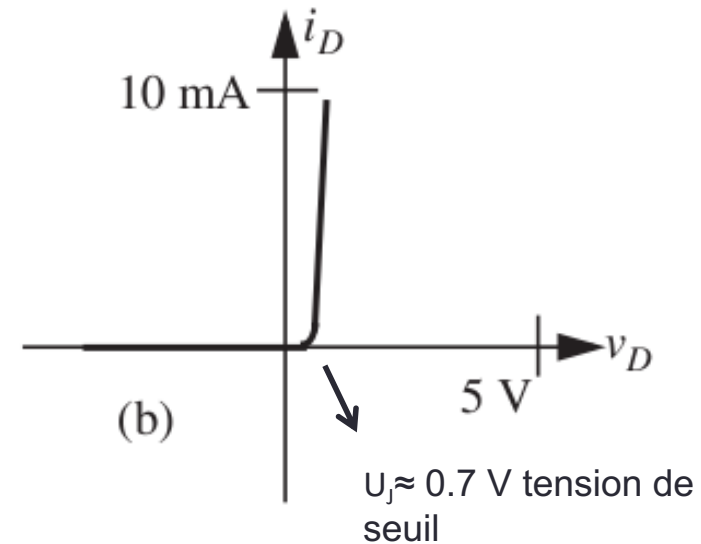
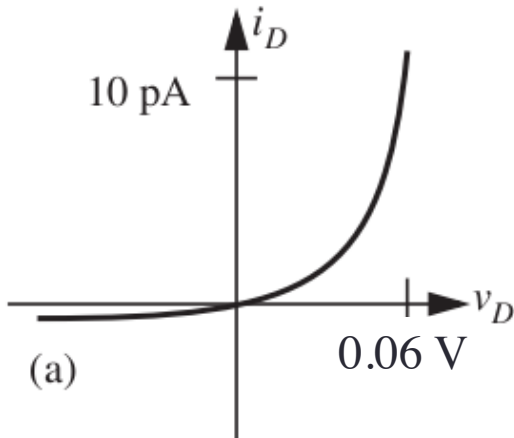
k , constante de Boltzmann $= 1.380 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

T , température en Kelvin: 293 K

q , charge unitaire: $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$

I_S , courant de saturation $\approx 10^{-12} \text{ A}$, $[10^{-15} \text{ A} - 10^{-9}]$

Caractéristique (fonction $i_D - v_D$)



I_S courant de saturation $= 10^{-12} \text{ A}$

$v_D = 0.05 \text{ V} \rightarrow i_D = 6.4 \times 10^{-12} \text{ A} = 6.4 \text{ pA}$

$v_D = 0.5 \text{ V} \rightarrow i_D = 0.49 \times 10^{-3} \text{ A} = 0.49 \text{ mA}$

$v_D = 0.6 \text{ V} \rightarrow i_D = 2.6 \times 10^{-2} \text{ A} = 26 \text{ mA}$

$i_D = 8 \text{ mA} \rightarrow v_D = 0.57 \text{ V}$

$v_D = -5 \text{ V} \rightarrow i_D \approx -10^{-12} \text{ A}$

$$i_D = I_S (e^{\frac{v_D}{nU_T}} - 1)$$

Négligeable pour la plupart des tensions en direct

Capteurs de température pour microprocesseurs

Les hautes fréquences de fonctionnement des microprocesseurs (fréquence d'horloge/clock) engendre une augmentation de la température du système. Cette température ne devrait pas excéder 110°C (limite thermique) pour que les circuits fonctionnent correctement. Une solution intégrée dans le microprocesseur lui-même pour mesurer la température dans le microprocesseur utilise un circuit contenant une diode.

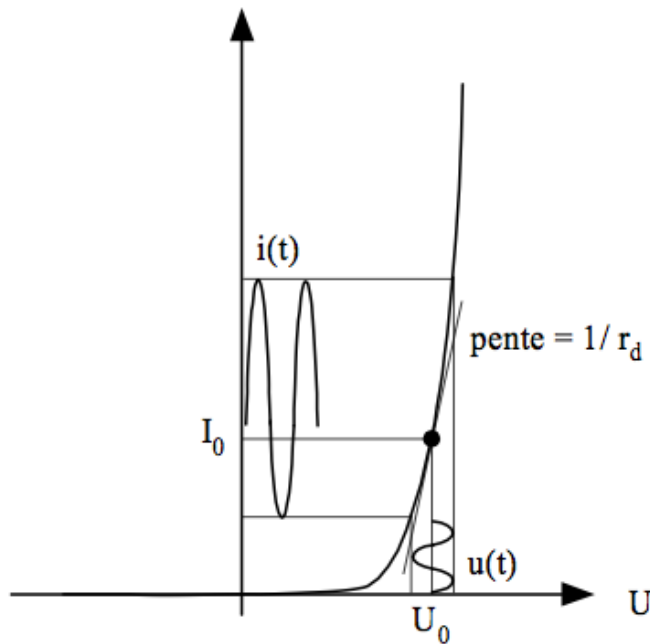
Deux courants connus sont forcés l'un après l'autre à travers la diode. Si l'on mesure les deux tensions engendrées et on les soustrait algébriquement on obtiens:

$$v_{D1} - v_{D2} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{i_{D1}}{i_{D2}} \right)$$

Cela donne la valeur de T, qui est d'ailleurs indépendante de la valeur de I_S , donc de la diode spécifique choisie.

Résistance dynamique (ou différentielle)

Modèle d'ordre exponentiel



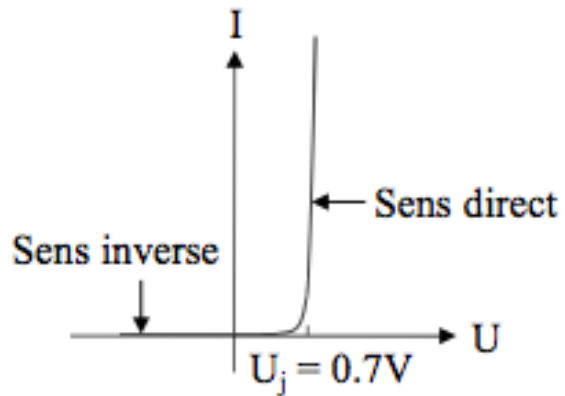
r_d est la résistance dynamique ou différentielle de la diode au point de travail (I_0 , U_0)

Elle peut être calculée en ce point en dérivant l'expression de la tension par le courant

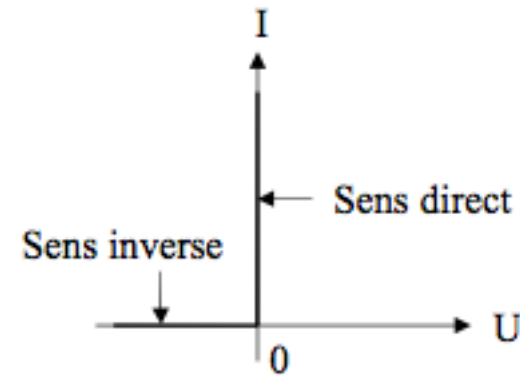
$$r_d = nU_T/I_0 = nkT/qI_0$$

Caractéristique

DIODE REELLE

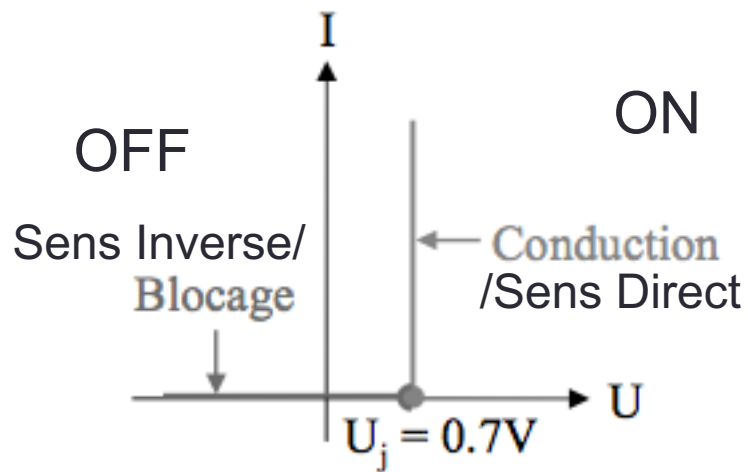


DIODE IDEALE



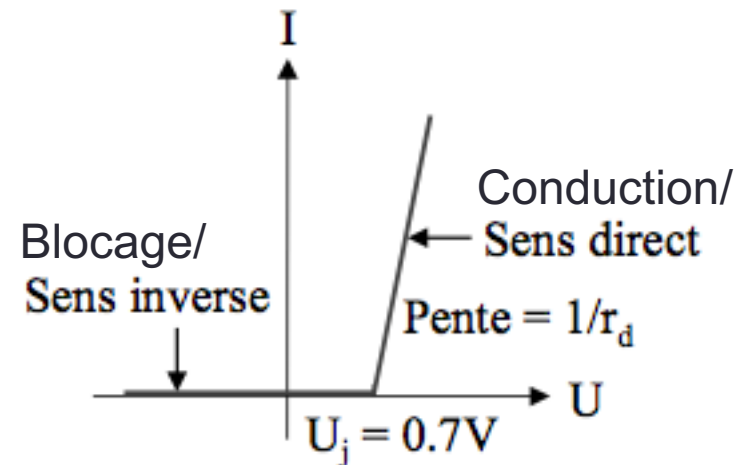
Modèles grands signaux à segments

Modèle d'ordre "0"



$$\begin{aligned} \text{ON: } U &= U_j, I \geq 0 \\ \text{OFF: } U &< U_j, I = 0 \end{aligned}$$

Modèle d'ordre "1"



$$\begin{aligned} \text{ON: } U &= U_j + r_d I, I \geq 0 \\ \text{OFF: } U &< U_j, I = 0 \end{aligned}$$

La diode: modèle à segments d'ordre "0"



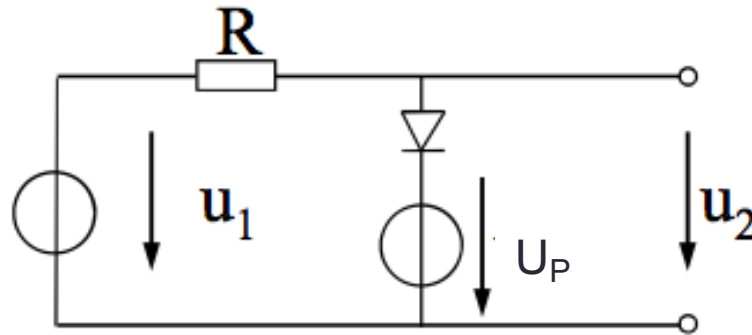
La diode, selon ce modèle:

- Soutient un potentiel v_D qui peut varier seulement entre $-\infty$ et U_j , avec $U_j > 0$. [U_j vaut 0.7 V, si pas indiqué autrement].
- Ne conduit pas si la tension v_D est inférieure à U_j (y compris pour les valeurs négatifs de v_D)
- Lorsque la diode conduit, la chute de potentiel à ses bornes est fixe et vaut U_j (autrement dit, $v_D = U_j$ quand la diode conduit)

Exemples de circuits passifs non-linéaires basés sur la diode

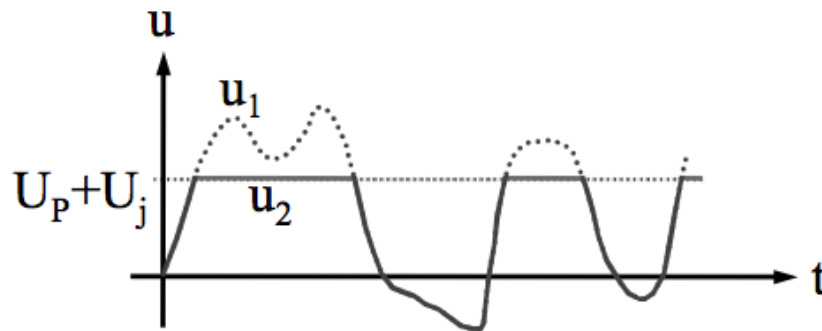


Circuit limitant

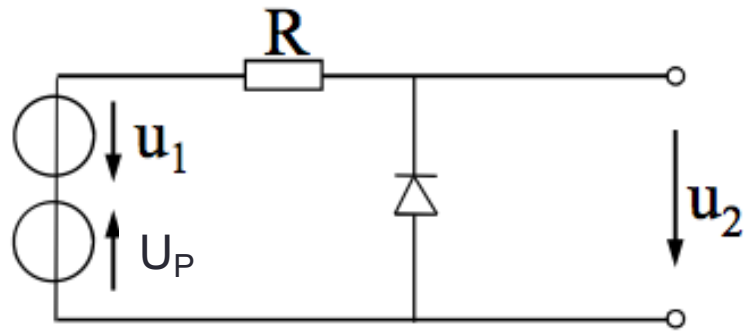


U_P constant

u_1 function du temps

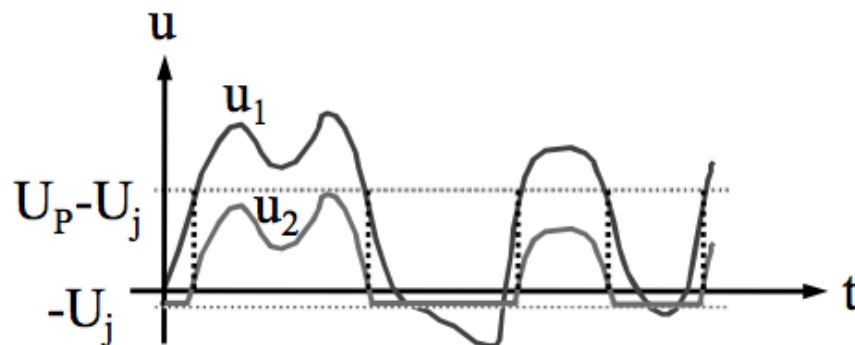


Détecteur de seuil



U_P constant

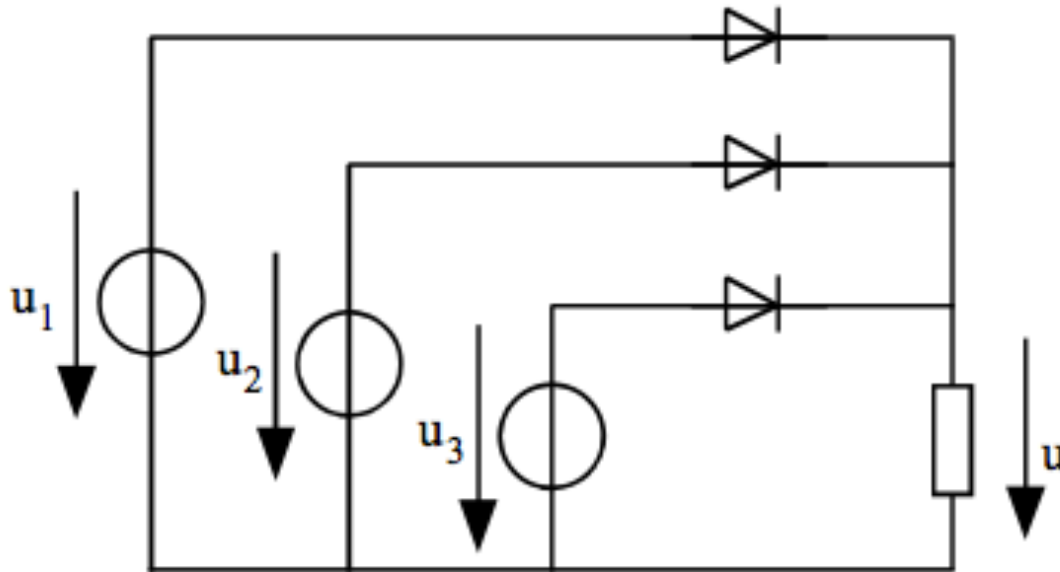
u_1 function du temps



quand $u_2 \geq -U_j$

u_2 est égal à une version atténuée (shiftée vers le bas) de u_1 lorsque u_1 atteint un certain seuil

Détecteur du signal le plus positif

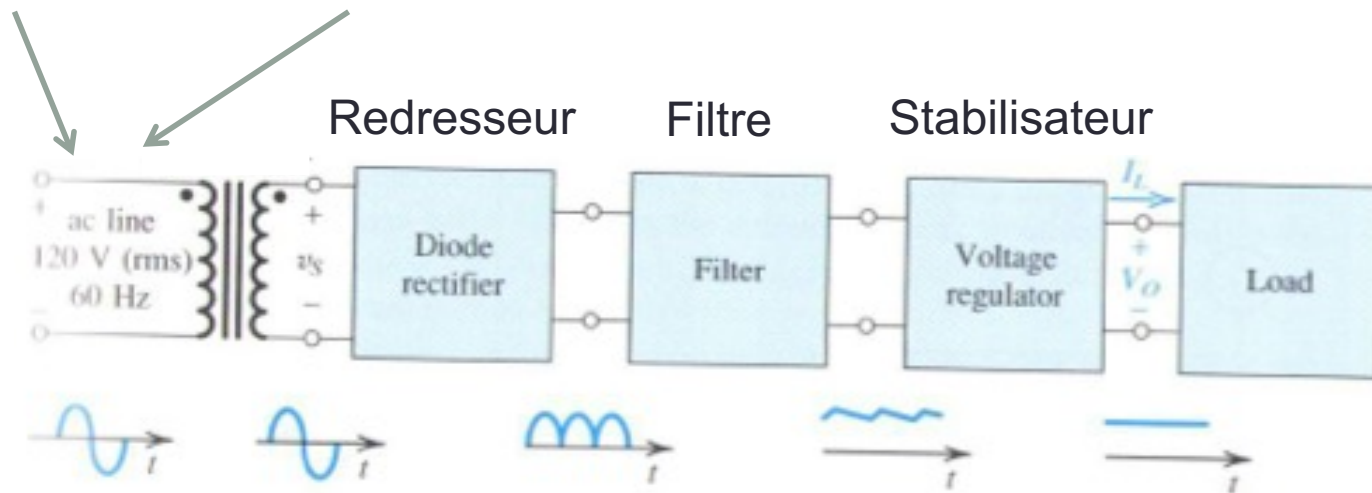


u corresponds à la tension du générateur qui a valeur majeure parmi les trois générateur du circuit.
Seulement cette diode conduit, les autres sont bloquées.

Schéma bloc d'une alimentation DC : conversion de AC (courant alternatif) à DC (courant continu)

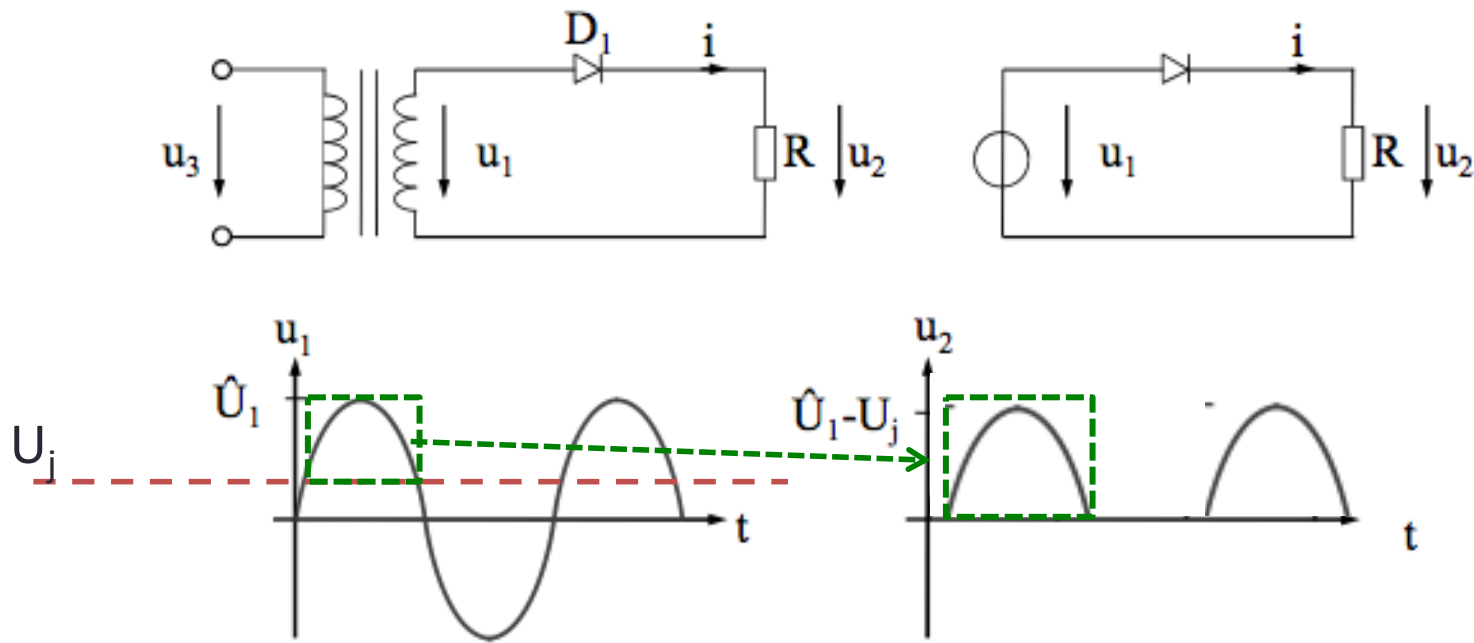
Tension de ligne
standard
Européenne:
220V
50 Hz

Tension de ligne
standard Nord-
américaine:
120V
60 Hz



Tension d'amplitude
abaissée par rapport à
celle de la ligne

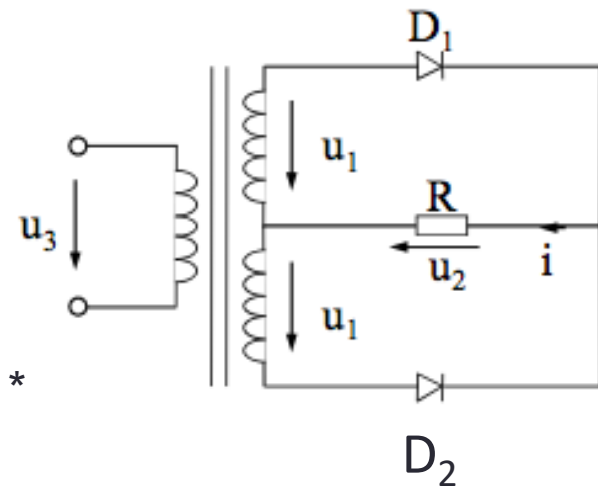
Redresseur simple alternance



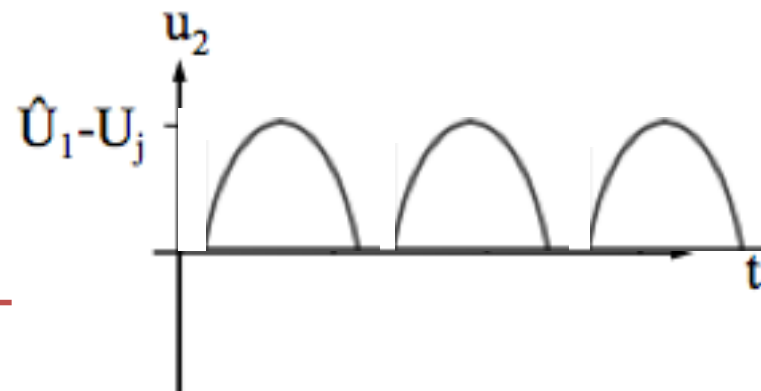
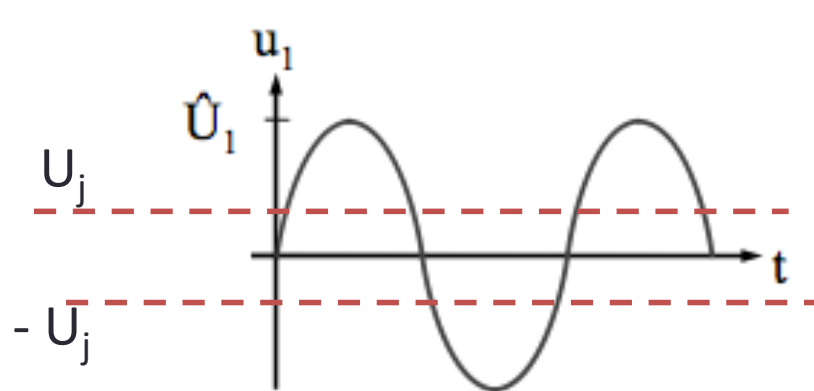
DIODE OFF $\Rightarrow i = 0$, and $u_2 = 0$, $u_1 < U_j$

DIODE ON $\Rightarrow u_1 > U_j$, $u_2 = u_1 - U_j$

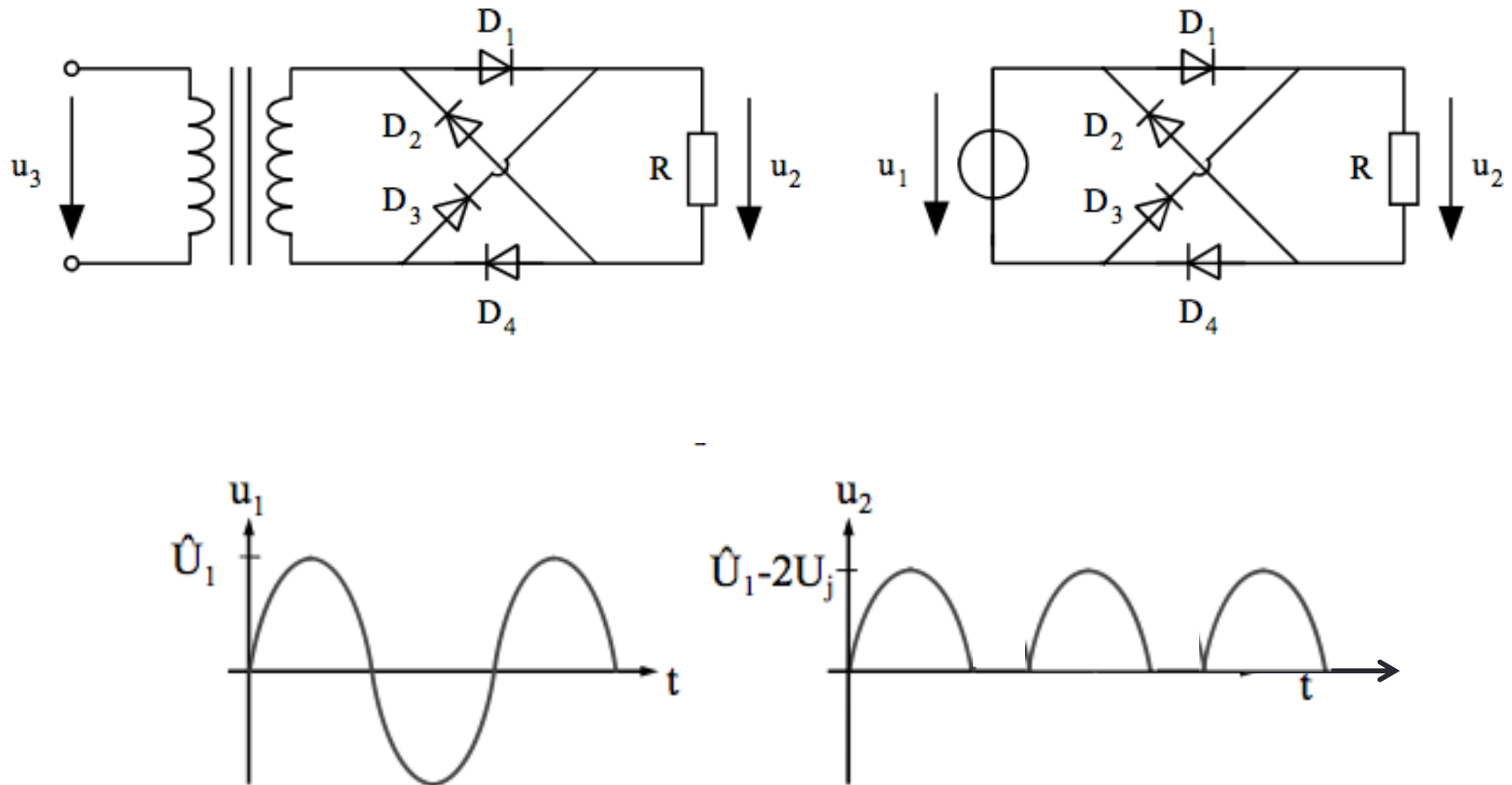
Redresseur double alternance



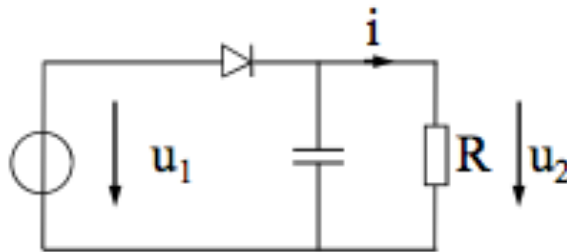
La composante DC (rms) de la sortie u_2 est deux fois plus grande que celle du redresseur simple alternance.



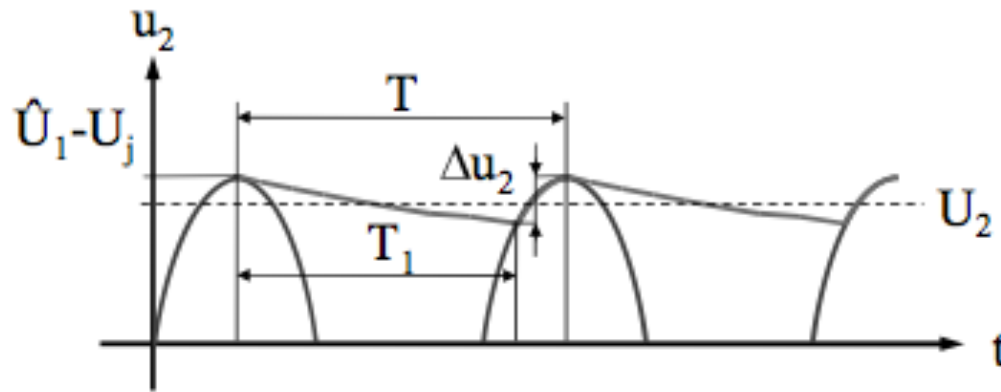
Le redresseur en pont



Filtrage

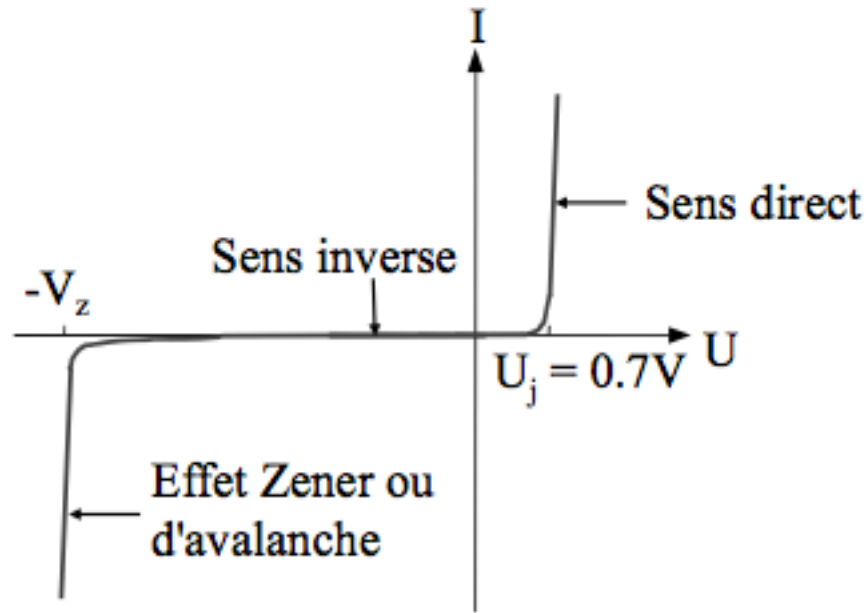


Une grande capacité filtre le signal, limitant la vitesse à laquelle le signal même peut varier



Δu_2 (ondulation résiduelle) ripple voltage $\approx T/RC U_2$
(approximation par excès)

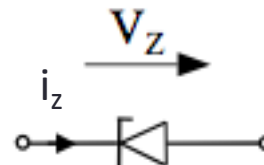
ZENER EFFECT



← Caractéristique complète de la diode

DIODE ZENER: diode caractérisé par une « tension Zener » V_Z stable. Cette diode est utilisés dans un circuit principalement dans cette zone de polarisation avec fonction de stabilisateur de tension.

i_z doit être majeur d'une valeur spécifique.

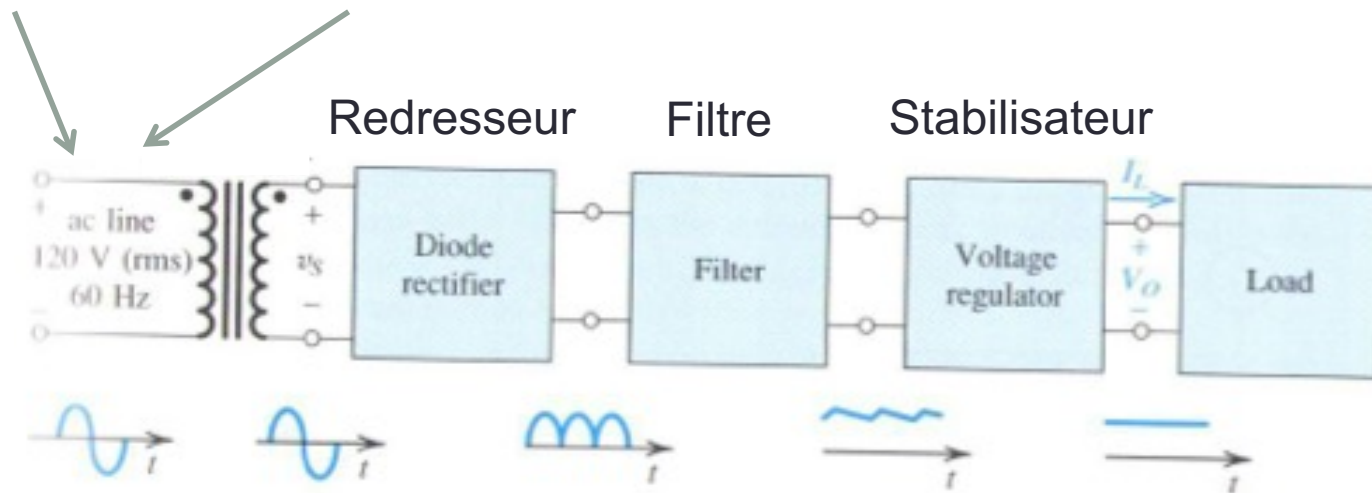


i_z et V_Z ont des valeurs positifs.

Schéma bloc d'une alimentation DC : conversion de AC (courant alternatif) à DC (courant continu)

Tension de ligne
standard
Européenne:
220V
50 Hz

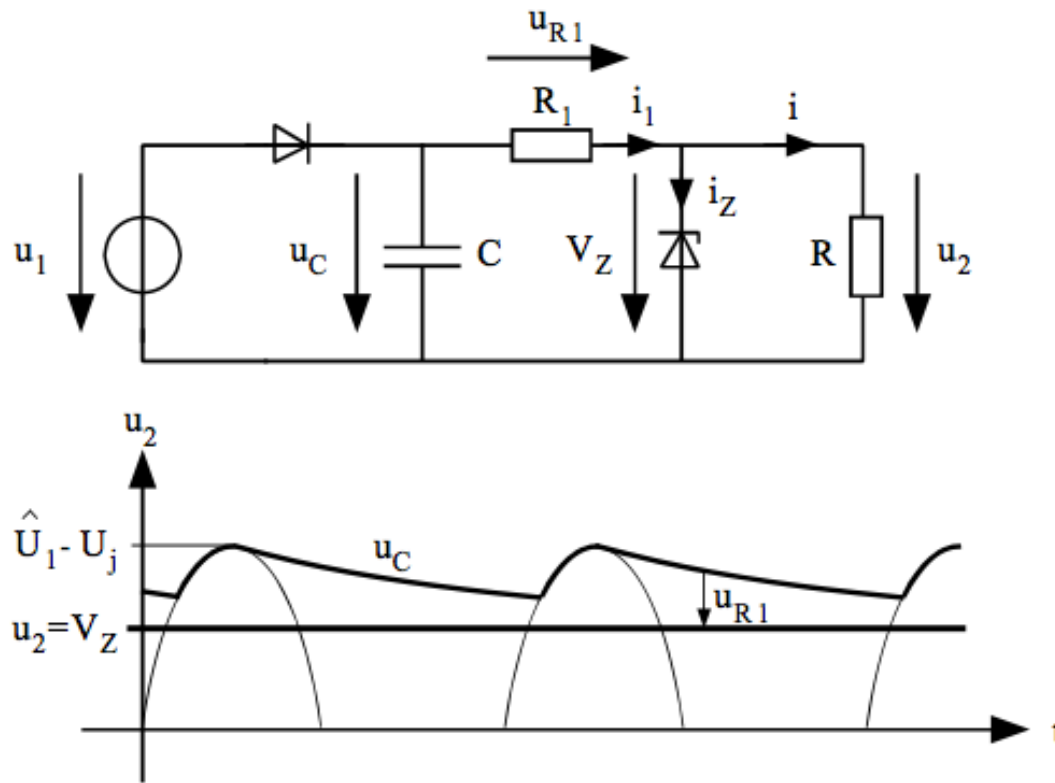
Tension de ligne
standard Nord-
américaine:
120V
60 Hz



Tension d'amplitude
abaissée par rapport à
celle de la ligne

Stabilisateur de tension avec diode Zener

Ce régulateur avec diode Zener est utilisé lorsqu'une sortie constante est nécessaire et le 'ripples' de la tension de sortie sur u_2 ne peuvent pas être tolérées.

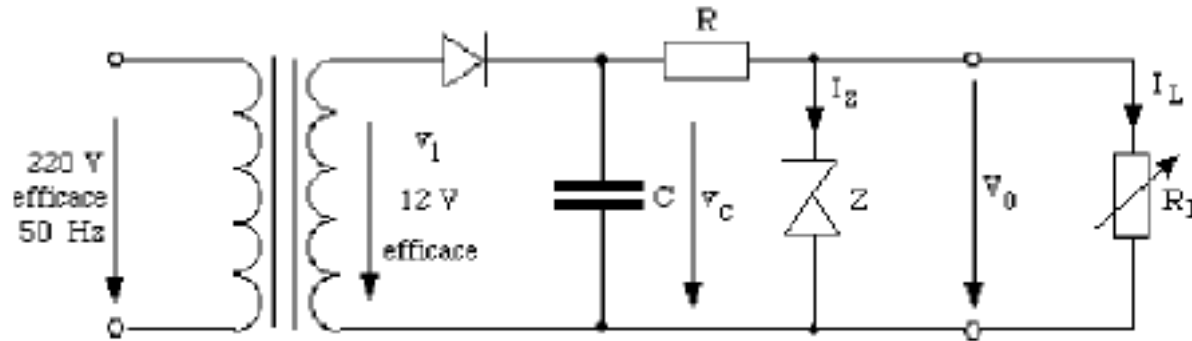


$$R_1 < \frac{\hat{U}_1 - U_j - \Delta u_C - V_Z}{I_{Zmin} + V_Z / R}$$

pour garantir un courant minimal dans la diode Zener.

Exercice 2

On donne le circuit suivant:



Avec $I_{zmin} = 5 \text{ mA}$, $V_Z = 10 \text{ V}$ et $U_J = 0$. On veut assurer en permanence $V_0 = 10 \text{ V}$ et une tension $v_C(t) \geq 14 \text{ V}$. $I_L \in [0 ; 50 \text{ mA}]$ suite a différents valeurs de R_L .

- Dessiner l'allure de $v_1(t)$, $v_C(t)$ et V_0 sur le même graphique.
- Calculer la valeur maximale admissible pour R .
- Calculer la capacité de filtrage pour répondre aux conditions sur $v_C(t)$.
- Calculer I_{zmax} , en déduire la puissance instantanée maximum dissipée dans la diode zener et dans la résistance R , quand R vaut 73Ω . [$P_{ZENER} = V_Z \times i_z$]