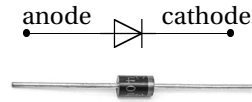


TD d'électronique

Autour de la diode

La diode est un composant passif. C'est un dipôle non linéaire, et polarisé : il n'est pas symétrique et possède deux bornes distinctes, l'anode et la cathode.

Un anneau permet de repérer la cathode sur le composant.

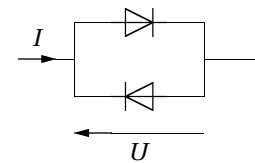
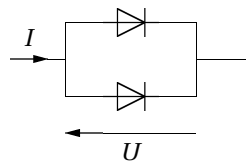
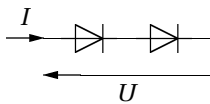


On adopte deux modèles de la diode : la diode idéale sans seuil et la diode idéale avec seuil. Ces modèles sont étudiés dans l'exercice 2.

1 — Associations de diodes

[*]

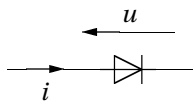
Tracer les caractéristiques courant-tension des dipôles suivants. Les diodes sont considérées comme idéales, avec la même tension de seuil U_d non nulle.



2 — Diode idéale avec et sans seuil

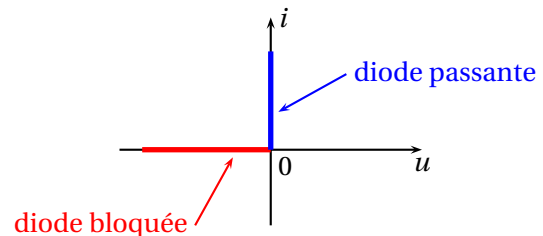
[*]

On donne la caractéristique d'une diode idéale sans seuil.



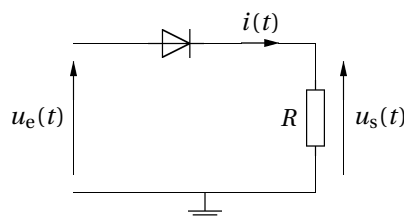
diode bloquée $i = 0, u \leq 0$ (état ouvert)

diode passante $u = 0, i \geq 0$ (état fermé)



1. Donner le schéma électrique équivalent de la diode bloquée et de la diode passante.

On considère le circuit suivant :



La tension d'entrée est $u_e(t) = E \sin(\omega t)$.

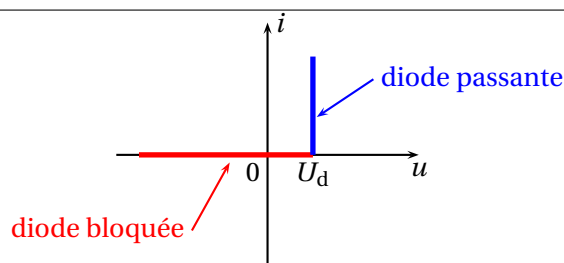
2. Représenter $u_s(t)$. On parle de « redressement simple alternance » : expliquer le terme.

3. Calculer la valeur $U_s = \langle s \rangle$ du signal de sortie et sa valeur efficace $U_{s,\text{eff}}$, que l'on comparera à $U_{e,\text{eff}}$.

Justifier la linéarité ou la non linéarité du montage.

Pour les plus courageux : calculer les coefficients du développement en série de Fourier de $u_s(t)$ en utilisant les formules des coefficients a_n et b_n données dans le document sur les séries de Fourier.

On considère maintenant une diode idéale avec seuil, dont on donne la caractéristique. La tension seuil U_d dépend de la nature de la diode et vaut typiquement $U_d = 0,7 \text{ V}$ pour une diode au silicium et $U_d = 0,3 \text{ V}$ pour une diode au germanium.



4. Donner le schéma électrique équivalent de la diode bloquée et de la diode passante.

5. En reprenant le circuit donné précédemment, alimenté par la tension $u_e(t) = E \sin(\omega t)$, représenter u_s si on utilise une diode au silicium dans les cas suivants :

— $E = 2 \text{ V}$;

— $E = 0,5 \text{ V}$.

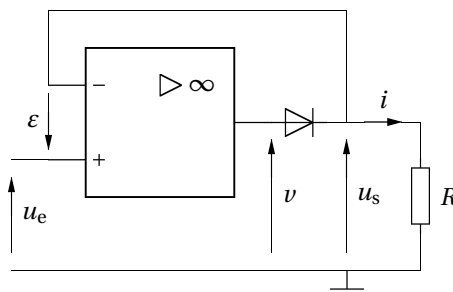
Commenter.

3 — Simulation d'une diode sans seuil

[**]

On considère une diode idéale au silicium avec seuil U_d .

Le montage suivant utilise un ALI idéal de gain infini.



1. On suppose la diode bloquée.

Que vaut le courant i ? En déduire la valeur de u_s .

Y a-t-il rétroaction entre la sortie et l'entrée inverseuse de l'ALI? En déduire la valeur de v et le signe de ε .

Pour quelles valeurs de u_e la diode est-elle bloquée?

2. On suppose la diode passante.

Y a-t-il rétroaction entre la sortie et l'entrée inverseuse de l'ALI? En déduire la valeur de u_s puis celle de v .

Pour quelles valeurs de u_e la diode est-elle passante?

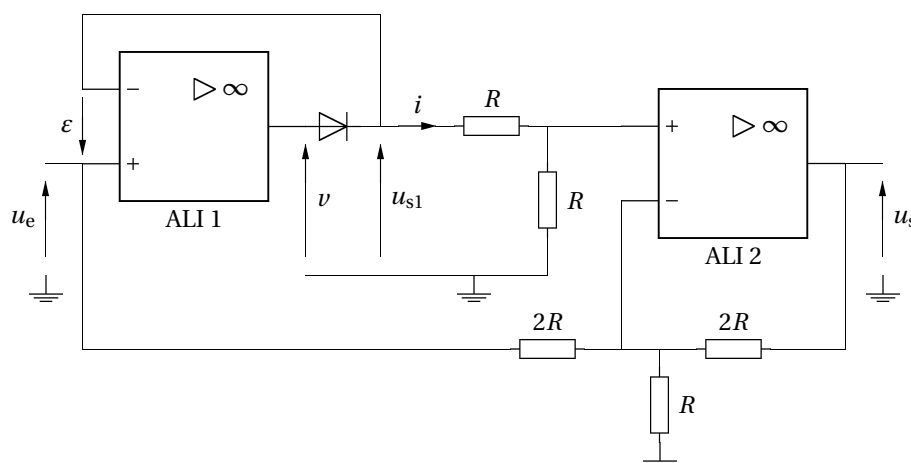
3. Représenter u_s et comparer avec le premier exercice.

Quelles sont les limitations à ce montage dues à l'ALI?

4 — Redressement double alternance sans seuil

[***]

On complète le montage de redressement sans seuil de l'exercice précédent, dont on pourra utiliser les résultats pour le fonctionnement du premier ALI.



1. Quel est le régime de fonctionnement du second ALI?

En déduire la relation entre u_{s1} , u_s et u_e .

Tracer la caractéristique de transfert $u_s(u_e)$. Quelle est l'opération réalisée?

2. On applique en entrée $u_e(t) = E \sin(\omega t)$. Tracer sur un même graphe avec des couleurs différentes $u_e(t)$ et $u_s(t)$.

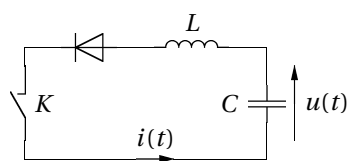
3. Calculer $\langle u_s \rangle$. Quel type de filtre faut-il placer en cascade en sortie pour obtenir une tension constante?

Compare la valeur de la tension constante obtenue avec celle que l'on obtiendrait en filtrant avec le même filtre la tension de sortie du montage de l'exercice 2. Conclure quant à l'intérêt du redressement double alternance par rapport au redressement simple alternance.

5 — Circuit LC avec diode

[**]

On considère le circuit suivant, où la diode est idéale sans seuil.



Le condensateur étant chargé sous une tension E (soit $u(t) = E > 0$ pour $t < 0$), on ferme l'interrupteur à l'instant $t = 0$.

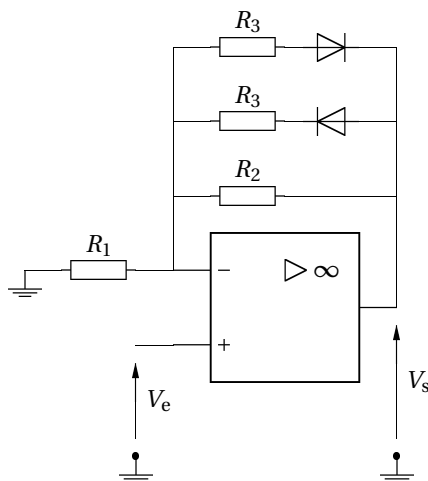
Représenter l'évolution de $u(t)$ et $i(t)$.

6 — Limitation de l'amplitude des oscillations

[***]

L'amplitude des oscillations d'un oscillateur quasi-sinusoïdal est limitée par la saturation de l'amplificateur. Les oscillations ne sont alors pas rigoureusement sinusoïdales et présentent une distorsion harmonique d'autant plus grande que le gain de l'ampli dépasse la valeur d'accrochage des oscillations.

Nous proposons ici un montage pour atténuer cette distorsion harmonique en réduisant le gain de l'amplificateur avant qu'il ne sature :



La non linéarité de l'amplificateur (due à la saturation de l'ALI) est compensée par une autre non linéarité : celle du pont de diodes montées tête-bêche monté en parallèle sur la résistance R_2 .

L'amplificateur est bouclé avec un pont de Wien (se reporter au cours) pour réaliser l'oscillateur.

On prend $R_2 = 22 \text{ k}\Omega$ et $R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega$.

Dans un premier temps, on considère les diodes idéales, avec une tension de seuil $u_d = 0,6 \text{ V}$.

1. En cherchant une condition sur V_e pour qu'aucune des deux diodes ne soit passante, justifier que le pont de diodes ne compromet pas le démarrage des oscillations en petits signaux.

2. Les diodes peuvent-elles devenir simultanément passantes?

On néglige maintenant la tension de seuil des diodes.

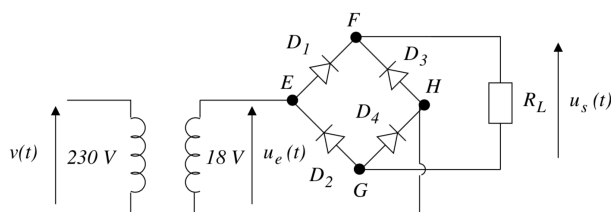
3. Que devient le gain G de l'amplificateur lorsqu'une des deux diodes est passante (ce qui suppose des signaux suffisamment grand) ?

4. Comment choisir R_3 pour obtenir une disparition de l'écrtage (atténuation du gain en grands signaux) tout en garantissant une amplitude d'oscillations la plus grande possible) ?

7 — Redresseur shunt

[***]

Partant de la tension sinusoïdale issue du réseau, on cherche à obtenir une tension continue présentant une ondulation la plus faible possible, par exemple pour un chargeur de batteries.



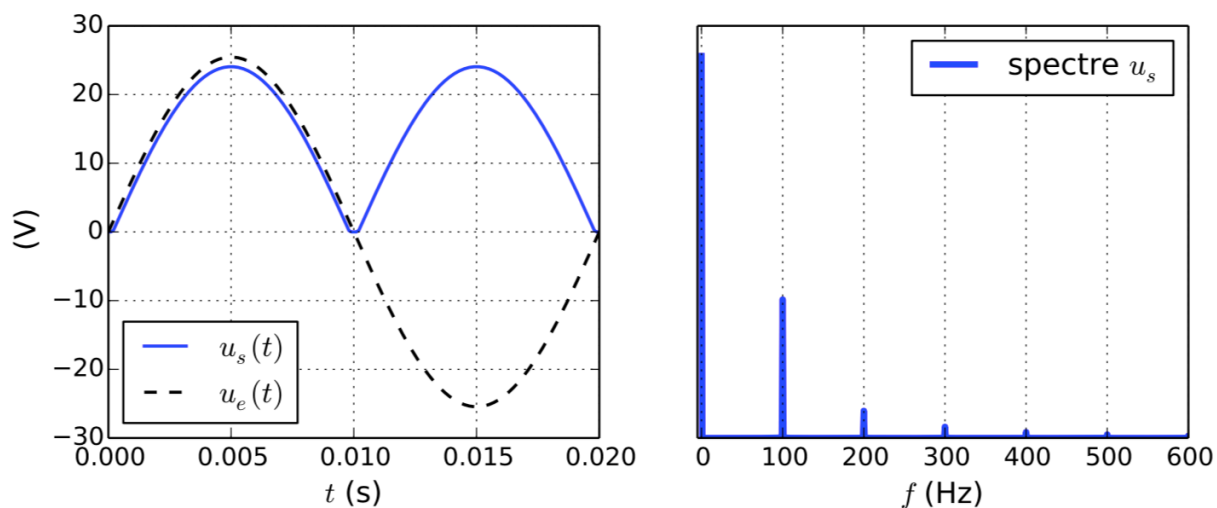
On considère le redresseur double alternance représenté sur la figure précédente, constitué d'un transformateur supposé parfait et d'un pont de Graetz, la charge étant modélisée par une résistance $R_L = 1,0 \text{ k}\Omega$. La tension du réseau est une tension sinusoïdale de valeur efficace 230 V et de fréquence $f = 1/T = 50 \text{ Hz}$.

5. Déterminer le rapport m du transformateur.

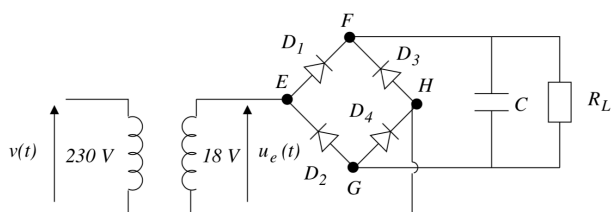
6. En supposant les diodes idéales, tracer la forme de la tension u_s sur deux périodes du signal d'entrée. Déterminer la valeur efficace et la valeur moyenne du signal de sortie. On note U_e l'amplitude de u_e .

7. La simulation suivante représente le signal de sortie et son spectre en fréquence.

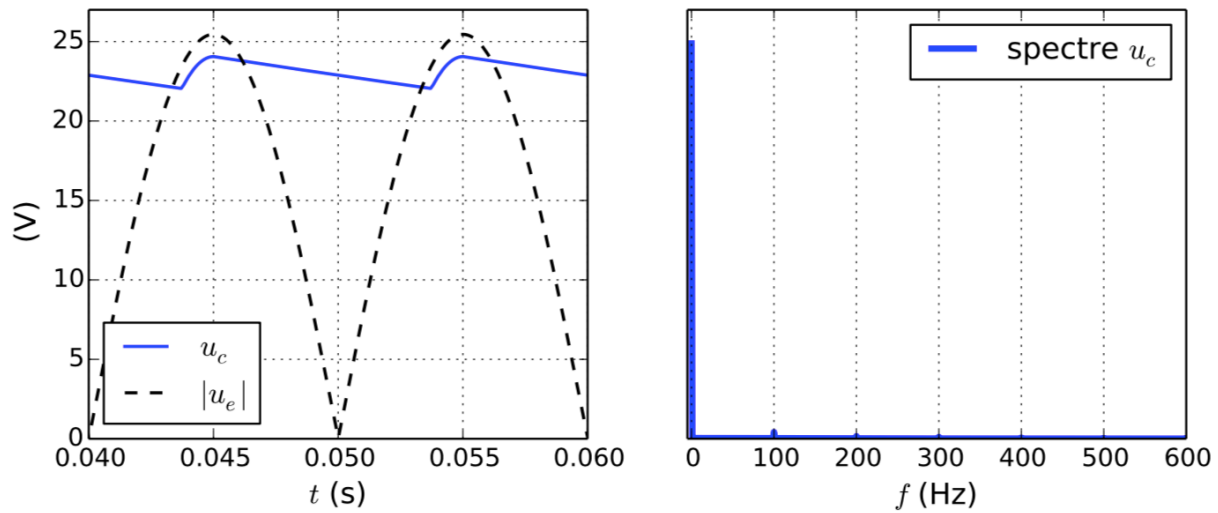
Évaluer la tension de seuil V_d des diodes.



8. Afin de filtrer le signal et ne conserver que sa composante connue, on ajoute un condensateur en sortie du montage.



En utilisant un condensateur de capacité $C = 100 \mu\text{F}$, on obtient la courbe suivante pour la tension de sortie en fonction du temps.



Justifier la forme de la courbe.

9. On note τ la constante de temps associée à la décharge du condensateur et T la période du signal sinusoïdal issu du réseau. En supposant que la décharge a lieu pendant la quasi-totalité de la demi-période et que $\tau \gg T/2$, montrer que l'ondulation relative de la tension vaut

$$\frac{|\Delta u_c|}{u_c^{\max}} \approx \frac{T}{2R_L C}.$$

Application numérique.