

TPcours n°6 – Circuits à diode – Redressement, lissage

Objectifs :

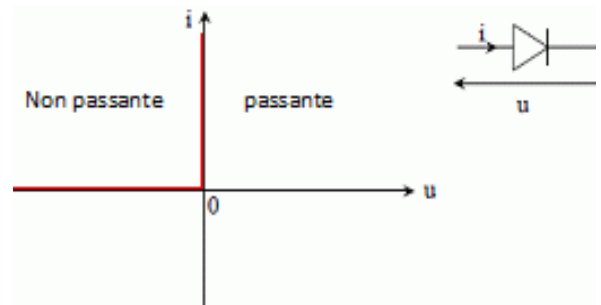
- Partie cours : comportement d'une diode
- Partie expérimentale : utilisation circuits à diode pour redresser, puis (si temps) lisser un signal alternatif

1. Modélisation idéale d'une diode (cours)

1.1. Caractéristique intensité-tension

La figure ci-contre représente la caractéristique *simplifiée* $i(u)$ d'une diode en convention récepteur. Contrairement à une résistance ou un condensateur, il n'existe pas de relation simple entre la tension et le courant. On devra toujours distinguer deux cas :

- diode bloquée : $i = 0, \forall u < 0$
- diode passante : $u = 0, \forall i > 0$



- Quel est le dipôle équivalent à la diode lorsqu'elle est passante ? lorsqu'elle est bloquée ?

1.2. Méthode pour étudier les circuits à diode

Pour effectuer des calculs, il faut d'abord connaître l'état de la diode (passante ou bloquée ?). Pour des circuits simples (notre cas), la méthode suivante est suffisante :

- Traiter séparément les deux cas : bloquée – passante
- Cas bloquée :
 - remplacer la diode par son dipôle équivalent (interrupteur ouvert)
 - puis, par le calcul, tirer *toutes* les conséquences possibles de la relation $i = 0, \forall u < 0$. Dans les calculs, la condition pour que la diode soit bloquée apparaît en utilisant l'inégalité précédente.
- Cas passante :
 - remplacer la diode par son dipôle équivalent (fil)
 - puis, par le calcul, tirer *toutes* les conséquences possibles de la relation $u = 0, \forall i > 0$. Dans les calculs, la condition pour que la diode soit passante apparaît en utilisant l'inégalité précédente.

Remarque 1 :

Dans le cas général, il faut raisonner en fonction du temps, et commencer le raisonnement en faisant une hypothèse sur l'état de la diode (qui n'influe pas sur la validité du raisonnement, cf. la suite). La suite du raisonnement consiste à déterminer les instants pour lesquels l'état de la diode « bascule » : de passante à bloquée, ou inversement. Pour trouver ces instants, il faut utiliser les critères physiques suivants :

- de passante à bloquée : critère sur le courant = le courant s'annule (il tend à devenir négatif)
- de bloquée à passante : critère sur la tension = la tension s'annule (elle tend à devenir positive)

Si l'hypothèse de départ ne correspond pas à la réalité, on trouve simplement que le premier basculement se fait à $t = 0$, ce qui revient simplement à changer d'hypothèse de départ.

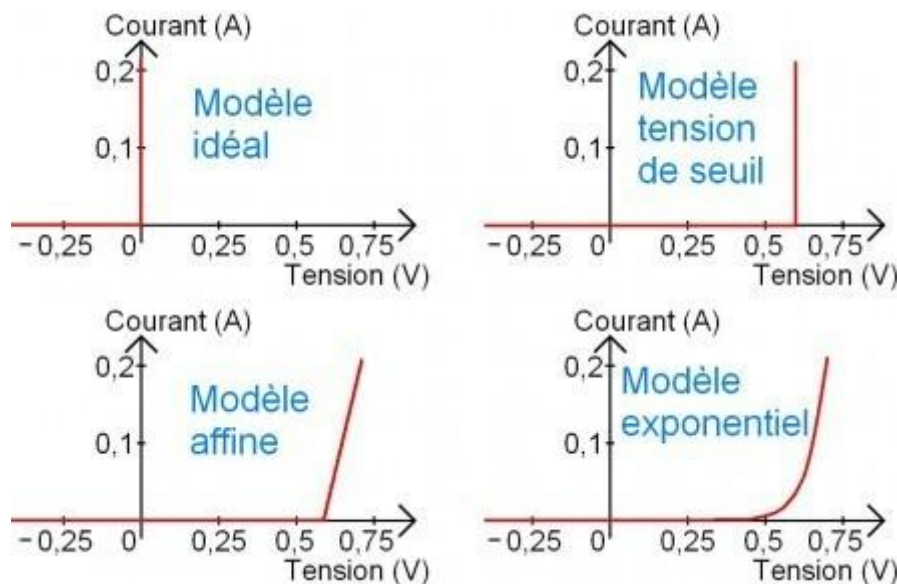
Remarque 2 :

La diode joue le rôle d'un « interrupteur non-commandé ». Elle laisse ou non passer le courant (interrupteur), mais c'est le reste du circuit (entourant la diode) qui fait basculer cet interrupteur.

1.3. Modélisations plus complètes de la diode

Toujours en convention récepteur, voici les différentes modélisations de la diode que l'on peut proposer, de la plus simple à la plus compliquée :

- Modèle tension de seuil : lorsque la diode est passante, il reste une petite tension résiduelle aux bornes de la diode (de l'ordre de 0,6 V). On la modélise alors par une source idéale de tension (au lieu d'un fil)
- Modèle affine : lorsqu'elle est passante, la diode n'est pas un fil idéal, elle possède une petite résistance interne (inverse de la pente, qq Ω). Associée à la source idéale de tension, on modélise donc la diode par un générateur de Thévenin (cf. feuille TD élec début d'année).
- Modèle exponentiel : ce n'est pas qu'un modèle issu de mesure expérimentale. On peut démontrer (avec approximations) cette évolution exponentielle en étudiant, à l'échelle microscopique, la jonction pn constitutive des diodes que nous utilisons en TP.



2. Redressement mono alternance

2.1. Réalisation du montage – Observations – Explication

On branche en série un GBF, une résistance et une diode. Dans un premier temps, on observe simultanément à l'oscilloscope la tension aux bornes du GBF et aux bornes de R. Il faut donc prendre garde à l'ordre de branchement des composants.

- Réaliser le montage :
 - GBF sinusoïdal, amplitude 10 V, fréquence 1 kHz, $R = 1\text{ k}\Omega$
 - Observer simultanément les tensions aux bornes du GBF et de R
- Observer la tension aux bornes de la diode. Pourquoi faut-il modifier le montage pour observer simultanément les tensions du GBF et de la diode ?
- En utilisant la méthode proposée précédemment, expliquer les observations (avec démonstration, modèle idéal de la diode). Vos observations correspondent-elles au comportement idéal de la diode ?

2.2. Mise en évidence de la tension seuil (ou « tension de déchet »)

- Remettre R et la diode dans leur position initiale :
 - Régler l'amplitude du signal délivré par le GBF sur 2V
 - Observer simultanément les tensions aux bornes du GBF et de la résistance
- Mesurer la valeur maximale de la tension aux bornes de R. Expliquer les observations en utilisant le modèle avec tension de seuil.

2.3. Enrichissement du spectre en fréquence (à sauter si l'analyse de Fourier n'est pas connue)

- Observer les spectres de Fourier de $e(t)$ et $u_R(t)$. Que remarque-t-on ?

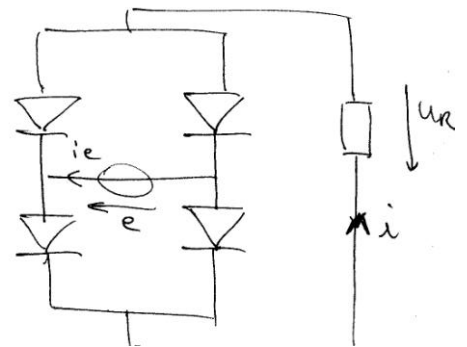
*L'apparition de nouvelles fréquences (« enrichissement du spectre »)
est une mise en évidence de la non linéarité du circuit.*

- Que peut-on dire des valeurs moyennes de $e(t)$ et $u_R(t)$?

3. Redressement double alternance

3.1. Réalisation du montage - Observations

- Réaliser le montage représenté sur le schéma :
 - le GBF délivre une tension sinusoïdale $e(t)$ d'amplitude 10 V, de fréquence 1 kHz
 - $R = 1\text{ k}\Omega$
- Peut-on observer $u_R(t)$ à l'oscilloscope ? Observer simultanément les tensions aux bornes du GBF et de la résistance en utilisant *les entrées différentielles de LatisPro*.



3.2. Etude théorique

En considérant la diode idéale, on va tenter de comprendre ces observations. On considère que $u_R(t = 0) = 0$ et le GBF délivre une tension $e(t) = E \cos(\omega t)$, avec $E = 10\text{ V}$.

- Quel critère nous permet de considérer les diodes comme étant idéales ?
- Lors de l'alternance positive ($e > 0$), repérer dans quel sens le courant tend à circuler dans les branches contenant des diodes (faire comme si c'était des fils). En déduire les diodes qui sont bloquées, et celles qui sont passantes. En déduire la tension aux bornes de la résistance lors de cette première phase.
- Faire de même pour l'alternance négative.
- Pour conclure cette étude, représenter en fonction du temps $e(t)$ et $u_R(t)$ sur une même figure. Cela correspond-il à vos observations expérimentales ?

3.3. Enrichissement du spectre en fréquence (à sauter si l'analyse de Fourier n'est pas connue)

- Observer les spectres de Fourier de $e(t)$ et $u_R(t)$. Que remarque-t-on ?
- Que peut-on dire des valeurs moyennes de $e(t)$ et $u_R(t)$?

4. Lissage du signal à l'aide d'un circuit RC parallèle

« Lisser » un signal alternatif consiste à le transformer en signal continu.

4.1. Réalisation du montage - Observations

On branche en série un GBF, une diode et un 'RC parallèle'.

- Réaliser le montage :
 - le GBF délivre un signal sinusoïdal d'amplitude 10 V, de fréquence 1 kHz
 - $R = 1\text{ k}\Omega$, $C = 1\text{ }\mu\text{F}$
- En faisant varier R et C, observer simultanément les tensions aux bornes du GBF et de la résistance.
- A partir de quelles valeurs de R et de C (ordres de grandeur) la tension $u_R(t)$ semble-t-elle être continue ?

4.2. Analyse de Fourier (à sauter si analyse de Fourier pas connue)

Observer le spectre de Fourier de $u_R(t)$ pour différentes valeurs de la constantes de temps τ . Mettre en évidence que le signal tend progressivement vers une tension continue lorsque τ augmente.

4.3. Etude théorique (difficile, à faire si le temps)

En considérant la diode idéale, on va tenter de comprendre ces observations. On considère que toutes les grandeurs électriques sont initialement nulles lorsque l'on branche le GBF. Celui-ci délivre une tension $e(t) = E \cos(\omega t)$.

- Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_R(t)$ pour les deux états possibles de la diode.
- Déterminer l'instant t_1 pour lequel la diode devient passante. Que vaut alors $u_R(t)$?
- Déterminer l'instant t_2 pour lequel la diode devient non passante. Comment évolue alors $u_R(t)$?
- Déterminer l'instant t_3 pour lequel la diode devient à nouveau passante.

L'allure du signal attendu correspond-t-elle aux observations ?