

Conversion électronique statique

1 Cadre de l'étude

1.1 Électronique de puissance

L'électronique des signaux se caractérise par :

→ des puissances faibles : avec des tensions de l'ordre du volt et des courants de quelques dizaines de mA, les puissances mises en jeu dépassent rarement 100 mW (Cf. ALI) ;

→ des composants souvent utilisés en régime linéaire ;

→ une fonction de transfert et un gain.

L'électronique de puissance se caractérise par :

→ des puissances élevées allant du kW pour des appareils du quotidien au GW pour une centrale nucléaire en passant par le MW dans le cas d'une motrice de TGV ;

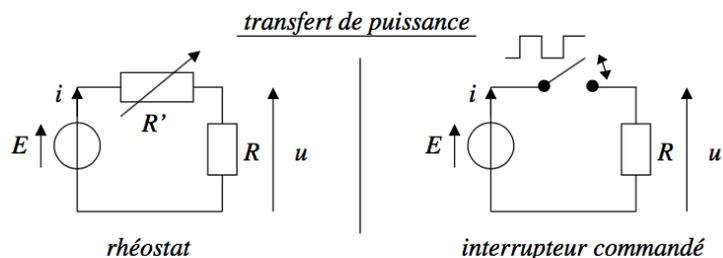
→ des composants, interrupteurs, fonctionnant en régime de commutation ;

→ un rendement qu'il s'agit d'optimiser.

1.2 Intérêt de la commutation

Le but de la conversion de puissance est de transférer une **puissance réglable** de la source à la charge avec un **bon rendement**.

Pour fixer les idées, on considère le cas d'une source de tension idéale et d'une charge R purement résistive.



→ **Première méthode** : utilisation d'un rhéostat (résistance variable)

À l'aide d'un pont diviseur de tension, on peut régler la tension u aux bornes de la

charge. L'intensité étant identique dans le générateur et le récepteur, le rendement est égal au rapport des tensions :

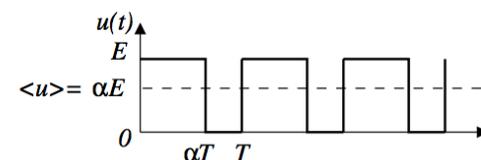
$$\eta = \frac{u \times i}{E \times i} = \frac{u}{E} = \frac{R}{R + R'}$$

Le rendement est très faible dès que la tension u est nettement inférieure à la tension d'alimentation.

→ **Seconde méthode** : utilisation d'un interrupteur commandé

L'interrupteur commandé, appelé **hacheur**, « découpe » la tension.

L'état de l'interrupteur change périodiquement. Le **rapport cyclique**, noté α , est défini comme le rapport entre la durée de fermeture et la période.



★ Interrupteur fermé : $u = E$ et $i = E/R$, puissance reçue : $p = E^2/R$.

★ Interrupteur ouvert : $i = 0$ et $u = 0$, puissance reçue : $p = 0$.

En moyenne sur une période, la puissance reçue a pour expression :

$$\langle p \rangle = \frac{\alpha T \times E^2/R + (1 - \alpha)T \times 0}{T} \Rightarrow \langle p \rangle = \frac{\alpha E^2}{R}$$

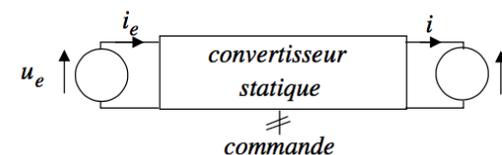
Ce dispositif fournit une puissance réglable par modification du rapport cyclique avec un rendement égal à 1.

1.3 Vocabulaire de l'électronique de puissance

Grandeur alternative (AC) : une grandeur $s(t)$ est dite **alternative** si $\langle s(t) \rangle = 0$.

Grandeur continue (DC) : une grandeur $s(t)$ est dite **continue** si $\langle s(t) \rangle \neq 0$.

1.4 Classification des convertisseurs



→ convertisseur DC → DC, « **hacheur** » : alimentation de moteur à courant continu, alimentation à découpage ;

- convertisseur DC→ AC, « **onduleur** » : alimentation de secours ;
- convertisseur AC→ DC, « **redresseur** » : alim. d'appareils électroniques.

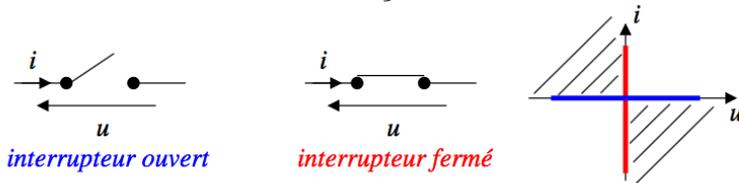
2 Interrupteurs et sources

2.1 Interrupteur et commutation

Il est nécessaire de disposer d'interrupteurs pouvant fonctionner à fréquence élevée.

Interrupteur idéal

L'interrupteur idéal est modélisé de la façon suivante :



L'interrupteur idéal possède deux états :

- **état ouvert** : $i = 0$ et u imposée par le reste du circuit ;
- **état fermé** : $u = 0$ et i imposée par le reste du circuit.

La puissance consommée par l'interrupteur $P = ui$ est nulle, quel que soit l'état.

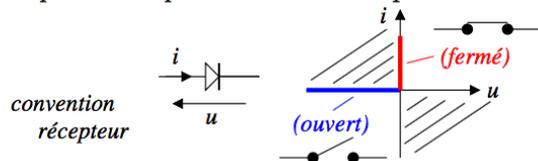
Le passage d'un état à l'autre est appelé **commutation**, cette commutation peut être *spontanée* ou *commandée*. On appelle :

- **blocage**, l'ouverture de l'interrupteur ;
- **amorçage**, la fermeture de l'interrupteur.

Les interrupteurs réels ne présentent qu'une partie des caractéristiques de l'interrupteur idéal.

La diode

La diode idéale est représentée par la caractéristique suivante :

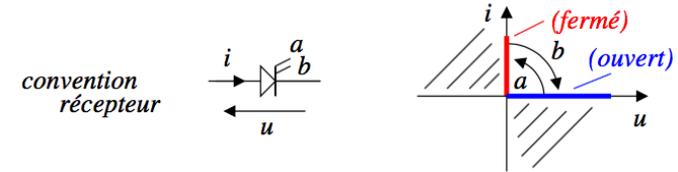


- **diode bloquée** (état ouvert) : $i = 0, u \leq 0$;
- **diode passante** (état fermé) : $u = 0, i \geq 0$.

La diode est un interrupteur à commutation spontanée. Le passage de l'interrupteur, de l'état fermé à l'état ouvert, se produit lorsque la tension u devient négative.

Le transistor

Le transistor est représenté par la caractéristique suivante :

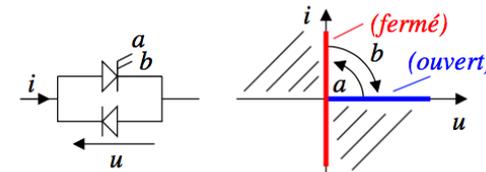


- **transistor bloqué** (ouvert) : $i = 0, u \geq 0$;
- **transistor passant** (fermé) : $u = 0, i \geq 0$.

Le transistor est un interrupteur commandé à l'ouverture (b : blocage) et à la fermeture (a : amorçage).

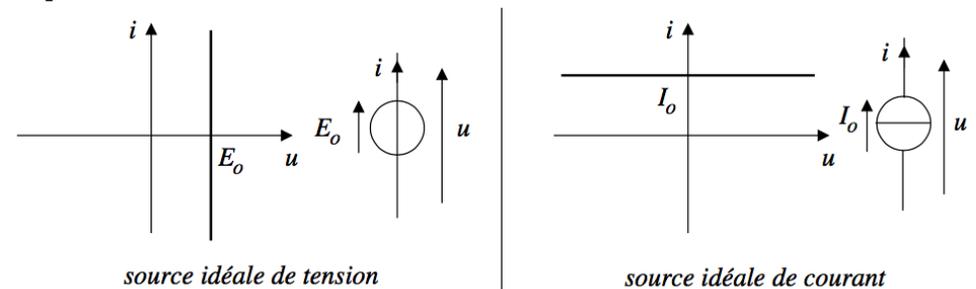
Interrupteur réversible en courant

En association convenablement une diode et un transistor, on obtient un interrupteur à trois segments réversible en courant :



2.2 Sources de tension et sources de courant

→ Les sources **idéales** de tension et de courant sont représentées par les caractéristiques suivantes :



★ Source idéale de tension : $u = E_0, \forall i$;

★ Source idéale de courant : $i = I_0, \forall u$.

Plus généralement, on peut définir la notion de source de tension et de source de courant :

→ **une source de tension** est un dipôle aux bornes duquel la tension est une fonction continue du temps et qui varie peu autour de sa valeur moyenne.

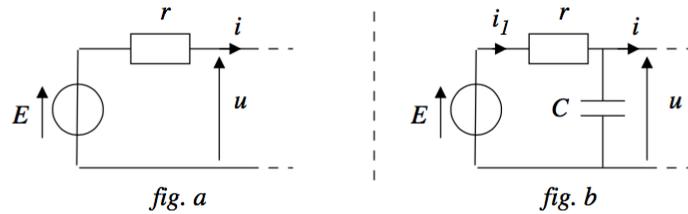
Un **condensateur**, dont le temps de décharge est grand devant la période de commutation, pourra être vu comme une source de tension ;

→ **une source de courant** est un dipôle traversé par un courant qui est une fonction continue du temps et qui varie peu autour de sa valeur moyenne.

Une **bobine** pourra être vue comme une source de courant.

Exemple : amélioration d'une source de tension

Un condensateur placé en parallèle d'une source de tension non idéale peut parfaire cette source.



→ En l'absence de condensateur (fig. a), une variation de courant de Δi , pendant une durée Δt , entraîne une variation de tension $\Delta u = -r\Delta i$ pour la source réelle.

→ En présence du condensateur (fig. b), les équations électriques s'écrivent :

$$u = E - ri_1 \quad \text{et} \quad i_1 = i + C \frac{du}{dt} \quad \Rightarrow \quad E - ri = u + rC \frac{du}{dt}$$

Pour $t < 0$, le régime permanent est établi : $u = E - ri$. À l'instant $t = 0$, le courant débité varie de Δi , l'équation prend alors la forme :

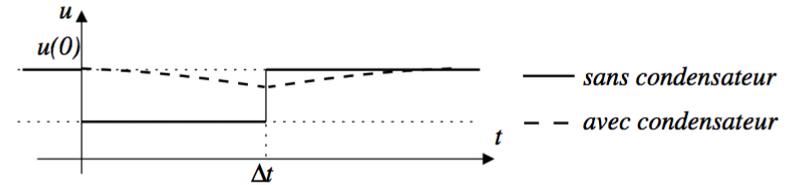
$$E - ri - r\Delta i = u + rC \frac{du}{dt}$$

Avec $u(0) = E - ri$, cette équation admet pour solution :

$$u(t) = u(0) - r\Delta i [1 - \exp(-t/rC)]$$

Avec une constante de temps $rC \gg \Delta t$, la variation de tension vaut :

$$\Delta u_{max} = -r\Delta i \times \frac{\Delta t}{rC} \quad \Rightarrow \quad |\Delta u_{max}| \ll r\Delta i$$



Le condensateur limite l'ondulation de tension et permet de parfaire une source de tension. De même une bobine, qui tend à s'opposer aux variations de courant, en série avec une source de courant permet de parfaire cette source.

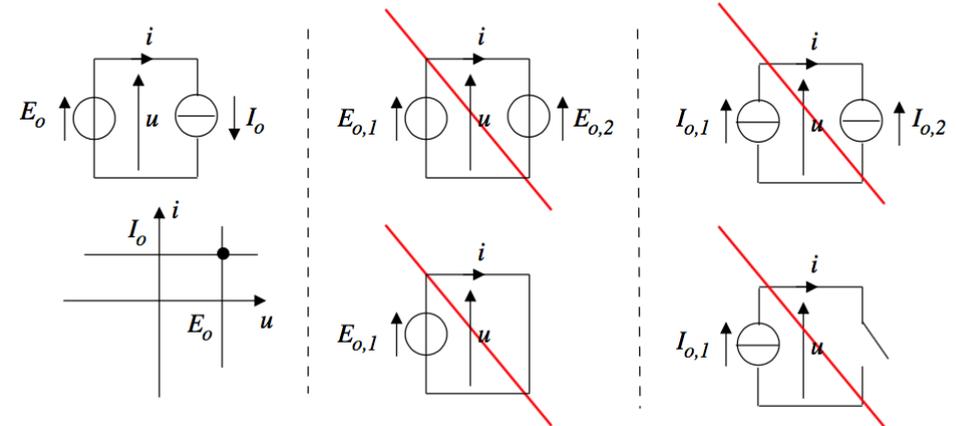
2.3 Règles d'association des sources

Au cours du fonctionnement d'un convertisseur, des sources vont être connectées entre elles pendant certaines phases. Il faut respecter les règles suivantes :

→ **on peut interconnecter une source de tension et une source de courant**, le point de fonctionnement étant alors $u = E_0$ et $i = I_0$;

→ on ne peut pas interconnecter deux sources de tension différentes ; en particulier, **on ne doit jamais court-circuiter une source de tension** ;

→ on ne peut pas interconnecter deux sources de courant différentes ; en particulier, **on ne doit jamais laisser une source de courant en circuit ouvert**.



Toutes les autres associations que la première risquent de conduire à la destruction des composants par surintensité ou surtension.

2.4 Réversibilité des sources

→ Une source de tension est dite réversible en courant si, pour une valeur donnée de la tension à ses bornes, elle peut être traversée par un courant de signe quel-

conque; exemple d'une machine à courant continu fonctionnant en moteur ou en génératrice pour un sens de rotation donné.

→ Une source de courant est dite réversible en tension si, pour une valeur donnée du courant, la tension à ses bornes peut prendre un signe quelconque; exemple d'une machine à courant continu dont on change le sens de rotation à i fixé.

→ Un dipôle est réversible en puissance s'il peut se comporter en récepteur ou en générateur; exemple du moteur à courant continu fonctionnant en moteur ou en génératrice.

3 Hacheur, conversion DC/DC

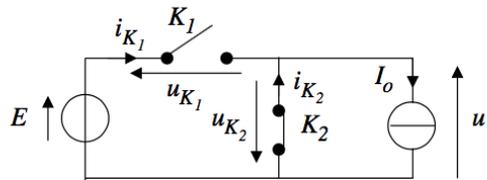
3.1 Cellule élémentaire de commutation

Principe du convertisseur direct

On s'intéresse à l'alimentation d'une **source idéale de courant**, courant électromoteur I_0 , par une **source idéale de tension** de force électromotrice E .

La possibilité de moduler la puissance fournie nécessite d'utiliser un interrupteur commandé. Un montage avec un unique interrupteur ne peut être retenu car la source de courant ne peut être placée en circuit ouvert.

Il faut donc *a minima* envisager une **structure à deux interrupteurs** comme celle représentée ci-dessous :



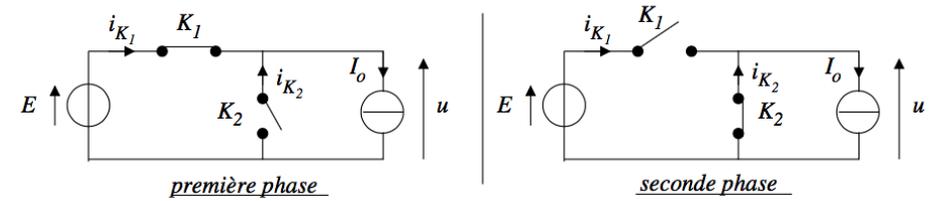
Quand l'interrupteur K_1 est fermé, l'interrupteur K_2 est ouvert et inversement. Ainsi la source de tension n'est jamais court-circuitée et la source de courant n'est jamais en circuit ouvert.

Phases de fonctionnement, bilan de puissance

On se propose d'étudier le dispositif dans le cas d'un fonctionnement périodique entre $[0, T[$.

→ Première phase : $t \in [0, \alpha T]$, K_1 fermé, K_2 ouvert.

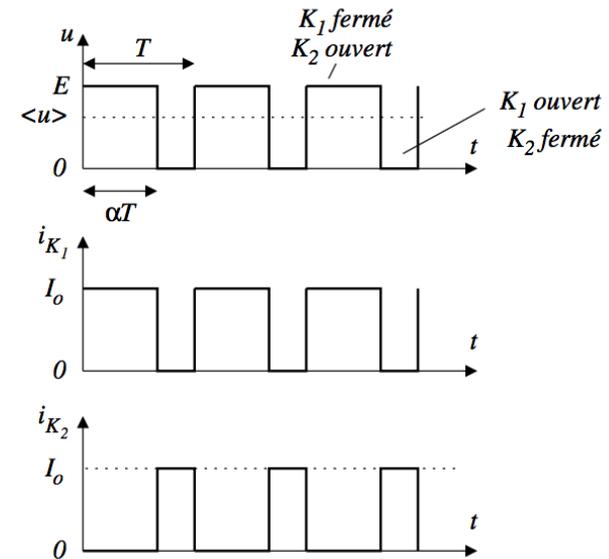
$i_{K_1} = I_0$ et $u = E$, la source d'entrée débite dans la charge, la puissance instantanée fournie par la source d'entrée $p(t) = EI_0$ étant entièrement reçue par la source de sortie (rendement unité).



→ Seconde phase : $t \in [\alpha T, T[$, K_1 ouvert, K_2 fermé.

$i_{K_1} = 0$, $u = 0$ et $i_{K_2} = I_0$, les puissances fournie et reçue sont nulles. Le courant I_0 s'écoule dans l'interrupteur K_2 .

Chronogrammes :



Bilan de puissance :

On calcule alors la puissance moyenne transférée de la source en entrée à la source en sortie :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{\alpha T} EI_0 dt \Rightarrow P = \alpha EI_0$$

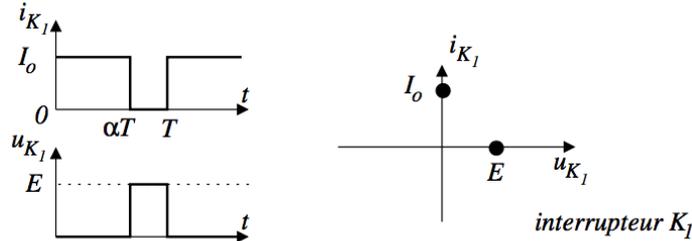
Le rapport cyclique α permet donc de contrôler le transfert de puissance.

Tension moyenne :

Le dipôle constitué du générateur de f.é.m E et des deux interrupteurs se comporte comme un générateur de f.é.m $\langle u \rangle = \alpha E$.
Comme $\alpha < 1$, on parle de **hacheur dévolteur**.

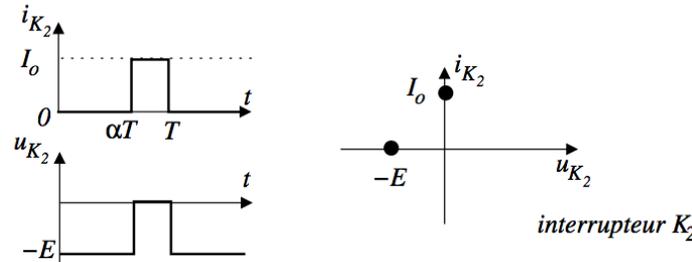
Choix des interrupteurs

Interrupteur K_1 :



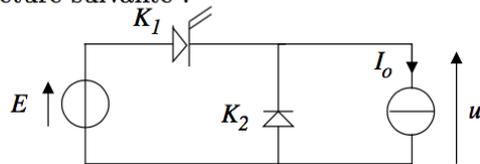
Lorsque l'interrupteur K_1 est fermé, le courant i_{K1} est positif et la tension nulle ; lorsque l'interrupteur est ouvert, le courant est nul et la tension u_{K1} positive. La caractéristique de l'interrupteur est compatible avec celle d'un transistor.

Interrupteur K_2 :



Lorsque l'interrupteur K_2 est fermé, le courant i_{K2} est positif et la tension nulle ; lorsque l'interrupteur est ouvert, le courant est nul et la tension u_{K2} négative. La caractéristique de l'interrupteur est compatible avec celle d'une diode.

On en déduit la structure suivante :



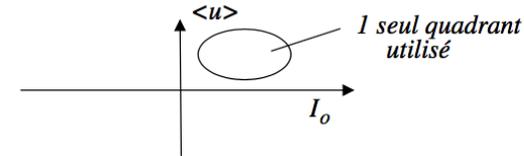
L'amorçage commandé du transistor impose une tension négative aux bornes de la diode ce qui induit son blocage spontané. Le blocage commandé du transistor

impose une intensité non nulle dans la diode ce qui induit son amorçage spontané.

La diode est appelée « **diode de roue libre** », elle permet la circulation du courant en l'absence de transfert de puissance.

Non réversibilité

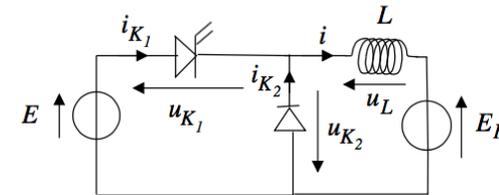
Dans le cas du hacheur série, $\langle u \rangle > 0$ et $I_0 > 0$, il n'y a pas de réversibilité. On parle de hacheur 1 quadrant.



3.2 Application 1 : commande d'un moteur à courant continu

Présentation

On souhaite utiliser un hacheur série pour alimenter un moteur à courant continu à partir d'un générateur idéal de tension continue $E > 0$.



L'induit du moteur à courant continu est caractérisé par sa force contre électromotrice $E_R = \Phi_0 \Omega > 0$, avec Ω la vitesse de rotation du rotor.

Pour renforcer l'inductance de l'induit, on ajoute une bobine de lissage en série. Comme on néglige la résistance de l'induit, les variations de courant vont se ramener à des évolutions affines par morceaux.

Le transistor est commandé périodiquement avec une période T :

- * pour $0 < t < \alpha T$, le transistor est fermé, ce qui conduit au blocage de la diode ;
- * pour $\alpha T < t < T$, le transistor est ouvert, la diode D devient passante.

Phases de fonctionnement

→ Première phase, $0 < t < \alpha T$: $u_{K1} = 0$ et $u_{K2} = -E$

La loi des mailles conduit à :

$$L \frac{di}{dt} = E - E_R \quad \text{avec} \quad i_{K_1} = i \quad \text{et} \quad i_{K_2} = 0$$

→ Seconde phase, $\alpha T < t < T$: $u_{K_1} = E$ et $u_{K_2} = 0$

La loi des mailles conduit à :

$$L \frac{di}{dt} = -E_R \quad \text{avec} \quad i_{K_1} = 0 \quad \text{et} \quad i_{K_2} = i$$

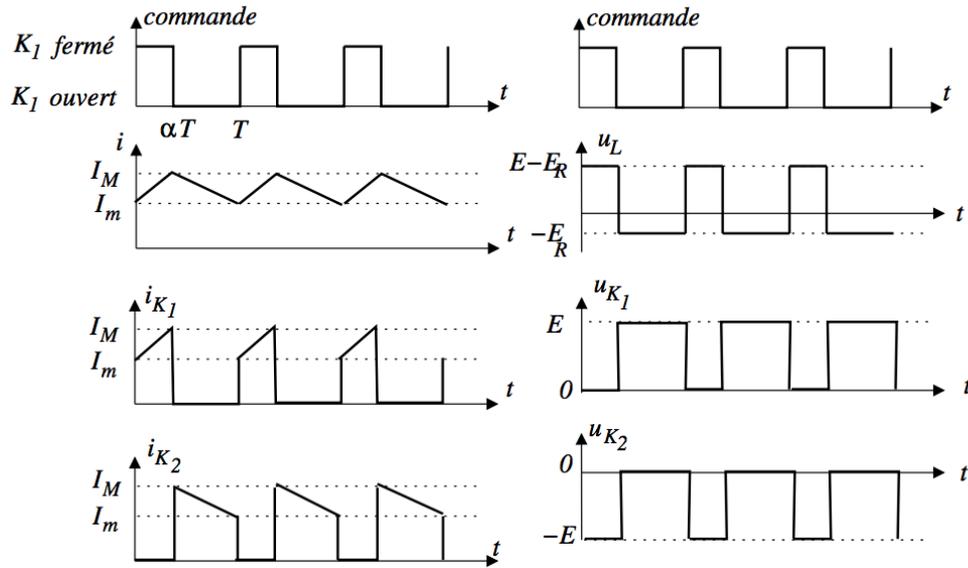
L'intensité décroît pendant cette seconde phase. En régime périodique i ne peut continûment décroître, ce qui nécessite $E > E_R$.

En appelant I_m l'intensité minimale et I_M l'intensité maximale, l'intégration des équations différentielles conduit à :

$$\forall t \in]0, \alpha T[\quad i(t) = I_m + \frac{E - E_R}{L} \times t$$

$$\forall t \in]\alpha T, T[\quad i(t) = I_M - \frac{E_R}{L} \times (t - \alpha T)$$

Chronogrammes



Expression de E_R

De la loi des mailles, on obtient :

$$u_{K_2} + L \frac{di}{dt} + E_R = 0$$

On considère cette expression en moyenne sur une période :

$$\langle u_{K_2} \rangle + \left\langle L \frac{di}{dt} \right\rangle + E_R = 0$$

i étant une fonction périodique $\left\langle L \frac{di}{dt} \right\rangle = 0$.

Du chronogramme, on déduit $\langle u_{K_2} \rangle = -\alpha E$, ce qui donne :

$$E_R = \alpha E \quad \text{avec} \quad E_R = \Phi_0 \Omega$$

Cette dernière relation montre que **la vitesse de rotation du moteur est contrôlée par la valeur du rapport cyclique α** .

Rendement

En moyenne, la source de tension fournit une puissance :

$$P_f = \langle E i_{K_1} \rangle = E \langle i_{K_1} \rangle = E \times \frac{1}{T} \int_0^T i_{K_1}(t) dt = E \times \frac{1}{T} \times \alpha T \left(\frac{I_M + I_m}{2} \right)$$

$$P_f = \alpha E \left(\frac{I_M + I_m}{2} \right)$$

En moyenne, le moteur reçoit une puissance :

$$P_R = \langle E_R i \rangle = E_R \langle i \rangle = E_R \times \frac{1}{T} \times \left[\frac{\alpha T (I_M + I_m)}{2} + \frac{T(1 - \alpha)(I_M + I_m)}{2} \right]$$

$$P_R = E_R \left(\frac{I_M + I_m}{2} \right) = \alpha E \left(\frac{I_M + I_m}{2} \right)$$

Le rendement est de 1. La puissance fournie par la source de tension est totalement utilisée par le récepteur. La bobine accumule de l'énergie pendant la première phase qu'elle restitue en totalité durant la seconde phase.

Ondulation du courant

Pendant la première phase, l'intensité passe de I_m à $I_m + \frac{E - E_R}{L} \alpha T$, ce qui donne pour l'ondulation en courant :

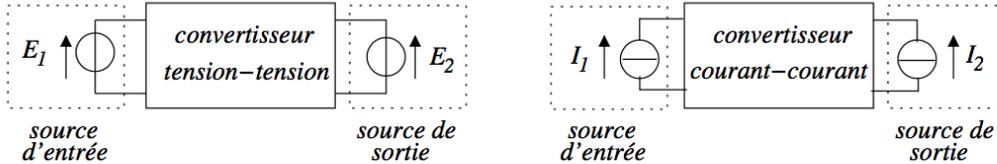
$$\Delta i = \frac{E - E_R}{L} \alpha T = \frac{E - \alpha E}{L} \alpha T = \alpha(1 - \alpha) \frac{ET}{L}$$

L'ondulation du courant : est maximale pour $\alpha = 1/2$, diminue quand L augmente, diminue si la fréquence de commutation $f = 1/T$ augmente.

3.3 Application 2 : convertisseur à accumulation

Principe

On considère une structure pour laquelle les sources d'entrée et de sortie sont de même nature.

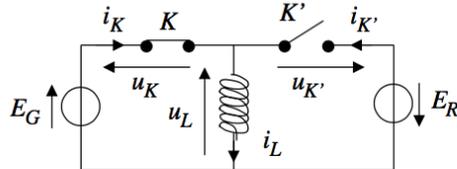


Les sources d'entrée et de sortie étant de même nature, on ne peut pas envisager une interconnexion directe si bien qu'il faut introduire un élément de stockage d'énergie.

On pourra utiliser pour cela un condensateur ou une bobine.

Hacheur survolteur

On considère la structure suivante, la bobine jouant le rôle de l'élément de stockage :



En régime périodique, il faut alterner des phases de transfert entre la source d'entrée et la bobine et des phases de transfert entre la bobine et la source de sortie.

4 Onduleur, conversion DC/AC

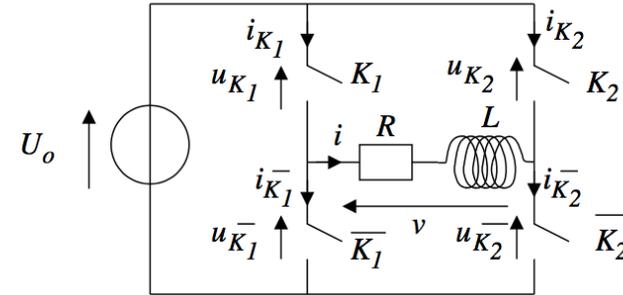
Un onduleur assure la conversion de puissance électrique depuis une forme continue vers une forme alternative.

Les onduleurs sont utilisés en particulier pour palier aux ruptures d'alimentation ; branchés sur des batteries autonomes, ils génèrent une tension sinusoïdale de fréquence 50 Hz.

4.1 Présentation

L'alimentation est une source de tension de force électromotrice U_0 , on envisage une charge de type $R - L$ qui se comporte comme une source de courant.

La structure à considérer est une « *structure en pont* » composée de quatre interrupteurs, c'est la structure la plus générale des convertisseurs directs.



Complémentarité des interrupteurs : le respect des règles d'association impose que les commandes de K_1 et $\overline{K_1}$ soient complémentaires, de même pour K_2 et $\overline{K_2}$.

En effet, K_1 et $\overline{K_1}$ simultanément fermés entraîne un court-circuit pour la source de tension, de même K_1 et $\overline{K_1}$ simultanément ouverts place la source de courant en circuit ouvert.

Il est alors facile de constater que, dans le cas général, v ne peut prendre que trois valeurs : $+U_0$, $-U_0$ et 0.

4.2 Cahier des charges

A minima, on cherche à obtenir une tension $v(t)$ alternative, c'est à dire de moyenne nulle.

En pratique, on souhaite en plus limiter au maximum la présence d'harmoniques.

4.3 Commande pleine onde

La commande pleine onde est la commande la plus simple des interrupteurs qui permet d'obtenir une tension alternative, c'est à dire : $\langle v \rangle = 0$.

	K_1	$\overline{K_1}$	K_2	$\overline{K_2}$	v
$0 < t < T/2$	fermé	ouvert	ouvert	fermé	$+U_0$
$T/2 < t < T$	ouvert	fermé	fermé	ouvert	$-U_0$

Le choix d'un rapport cyclique $\alpha = 0,5$ est indispensable pour assurer $\langle v \rangle = 0$.

4.4 Expression de l'intensité dans la charge

Au niveau du récepteur :

$$\forall t, v = Ri + L \frac{di}{dt}$$

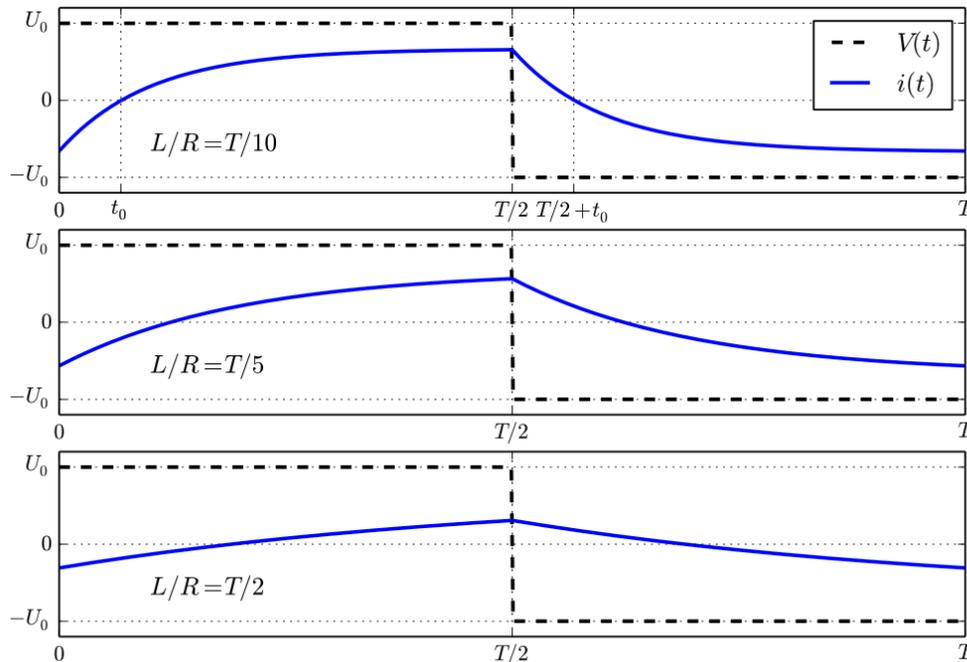
En considérant cette expression en moyenne dans le temps, on obtient :

$$\langle v \rangle = R \langle i \rangle + L \left\langle \frac{di}{dt} \right\rangle \Rightarrow \langle i \rangle = 0$$

L'intensité est aussi de moyenne nulle. Pour obtenir son expression, on exprime les équations différentielles vérifiées sur chaque intervalle (avec $\tau = L/R$) :

$$\forall t \in]0, T/2[\quad \frac{U_0}{R} = i + \tau \frac{di}{dt} \quad \text{et} \quad \forall t \in]T/2, T[\quad -\frac{U_0}{R} = i + \tau \frac{di}{dt}$$

On se ramène à la réponse en courant d'un circuit rL soumis à des échelons de tension, l'évolution du courant se résume à des portions d'exponentielles variant entre $-I_0$ et I_0 .

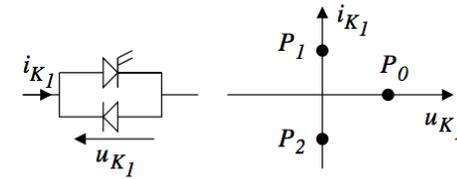


Partant d'une tension créneau, la présence d'une inductance permet un lissage du courant. Ceci se fait cependant au détriment de l'amplitude.

4.5 Nature des interrupteurs

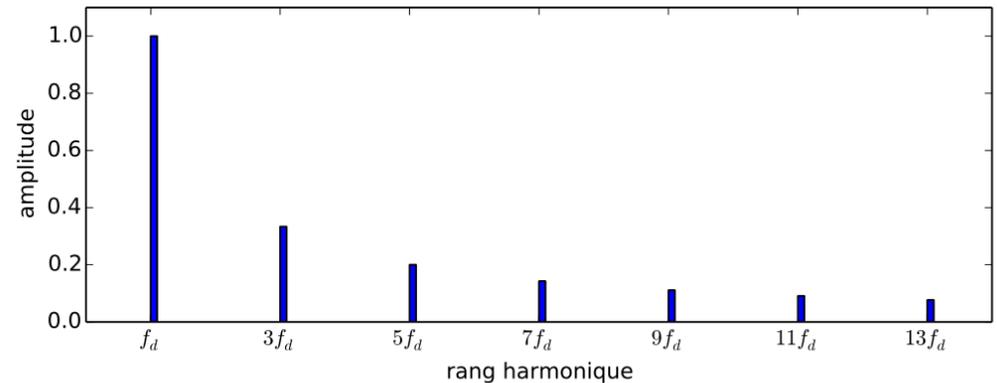
On constate que l'intensité change de signe au sein des interrupteurs, il est nécessaire de disposer d'interrupteurs réversibles en courant. Plus précisément, traitons le cas de K_1 :

	$0 < t < t_0$	$t_0 < t < \frac{T}{2}$	$\frac{T}{2} < t < \frac{T}{2} + t_0$	$\frac{T}{2} + t_0 < t < T$
état K_1	fermé	fermé	ouvert	ouvert
i_{K_1}	< 0	> 0	0	0
u_{K_1}	0	0	$+U_0$	$+U_0$
pt de fonc.	P_2	P_1	P_0	P_0

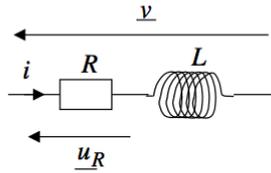


4.6 Distorsion harmonique

La tension $v(t)$ est une tension créneau de fréquence $f_d = 1/T$ dont le spectre est représenté ci-dessous et montre une présence importante d'harmoniques.

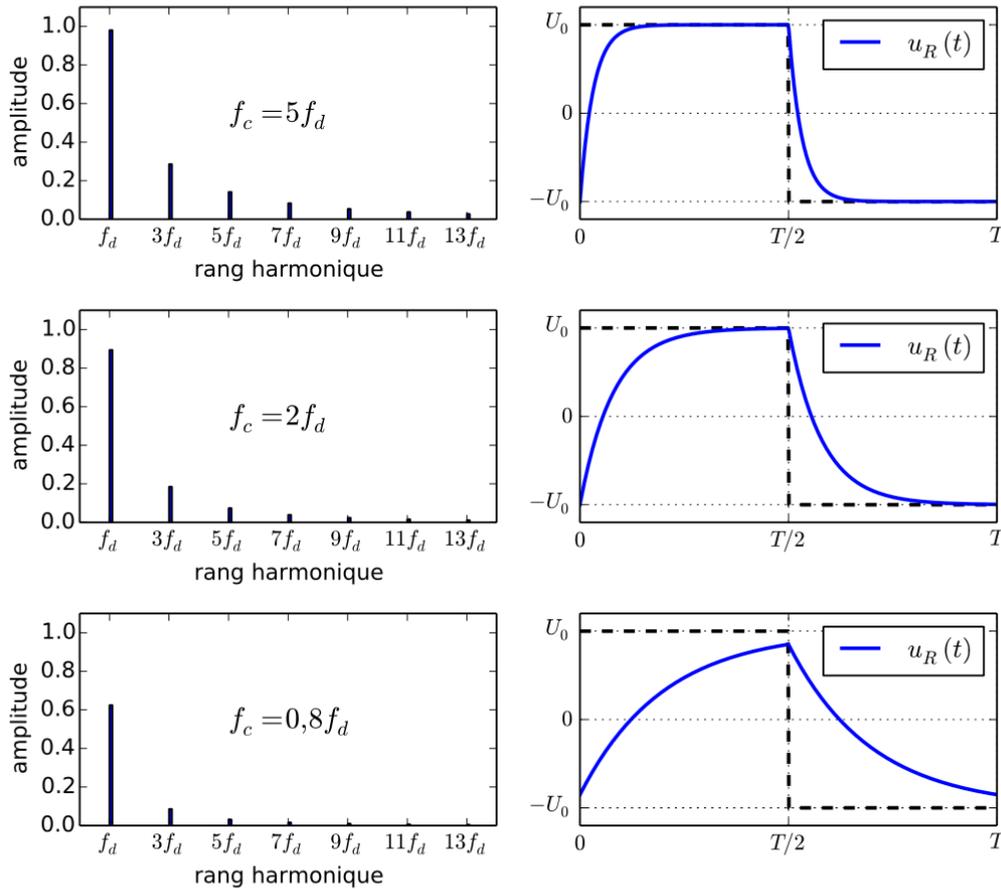


Pour nombre d'applications, le courant $i(t)$ dans la charge (modélisée par R) doit être quasi-sinusoïdal. Dans l'idéal, un filtre d'ordre élevé et de fréquence de coupure f_c compris entre f_d et $3f_d$ devrait être utilisé. Concrètement la présence de la bobine permet de créer un simple filtre passe-bas d'ordre 1.



La fonction de transfert de ce filtre est $\underline{H} = \frac{u_R}{v} = \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_c}}$ avec $f_c = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{R}{2\pi L}$.

Les graphiques ci-dessous montrent l'influence du rapport f_c/f_d sur le filtrage.



On constate que, pour une charge d'ordre 1, la réduction de la distorsion harmonique passe par une baisse de la fréquence de coupure (accroissement de L). Malheureusement la réduction des harmoniques est associée à une diminution de l'amplitude du terme fondamental.

Pour améliorer le caractère sinusoïdal de la tension $v(t)$, des commandes plus complexes (commande décalée, commande à modulation de la largeur d'impulsion) sont réalisées.

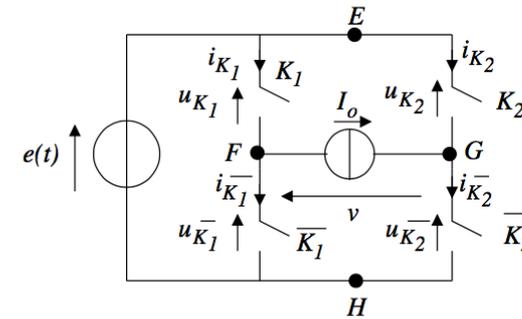
5 Redressement, conversion AC/DC

Un **redresseur** convertit un signal alternatif en signal continu.

Les redresseurs sont présents dans de nombreux dispositifs de la vie quotidienne en particulier les chargeurs d'appareils électroniques. Un redressement de la tension du réseau est nécessairement pour alimenter l'accumulateur du chargeur.

5.1 Présentation

Le générateur d'entrée est une source de tension sinusoïdale $e(t) = e_0 \cos(\omega t)$, la charge est assimilée à un dipôle type source de courant, de courant électromoteur $I_0 > 0$.



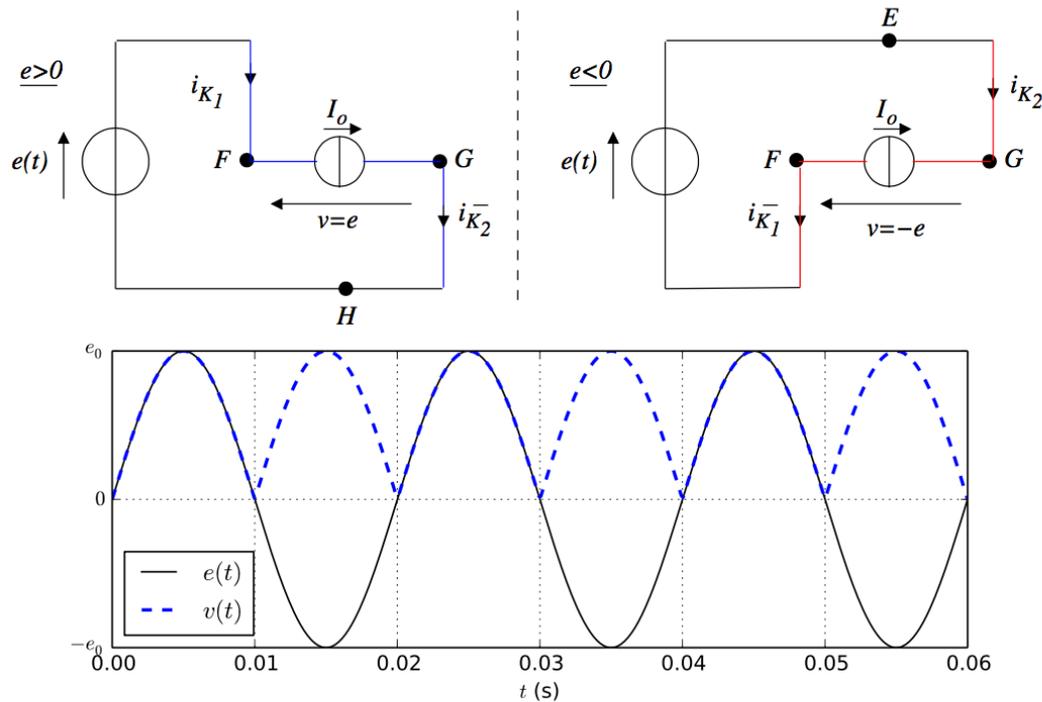
Afin de redresser la tension, on propose la structure suivante à quatre interrupteurs. Comme dans le cas de l'onduleur, les règles d'association imposent une complémentarité des interrupteurs par paire.

5.2 Séquence de fonctionnement et redressement

On propose la séquence de fonctionnement suivante pour les interrupteurs :

	K_1	\bar{K}_1	K_2	\bar{K}_2	v
$e > 0$	fermé	ouvert	ouvert	fermé	e
$e < 0$	ouvert	fermé	fermé	ouvert	$-e$

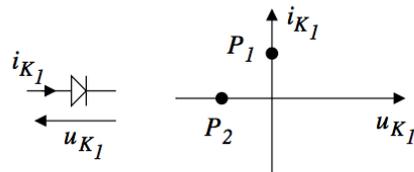
Le convertisseur fournit en sortie la tension $v(t) = |e(t)|$, tension redressée de valeur moyenne non nulle.



5.3 Nature des interrupteurs

→ Interrupteur K_1 (raisonnement identique pour \bar{K}_2)

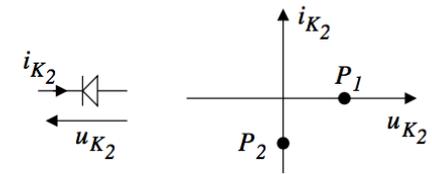
	K_1	u_{K_1}	i_{K_1}	pt de fonct.
$e > 0$	fermé	0	$I_0 > 0$	P_1
$e < 0$	ouvert	$e < 0$	0	P_2



Les interrupteurs K_1 et \bar{K}_2 sont des diodes.

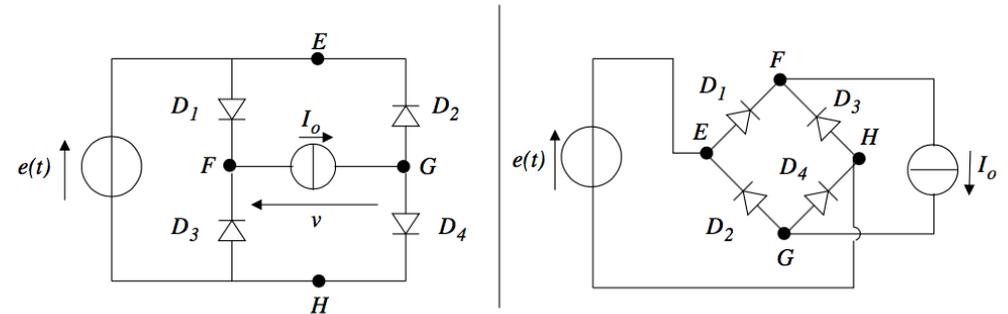
→ Interrupteur K_2 (raisonnement identique pour \bar{K}_1)

	K_2	u_{K_2}	i_{K_2}	pt de fonct.
$e > 0$	ouvert	$e > 0$	0	P_1
$e < 0$	fermé	0	$-I_0$	P_2



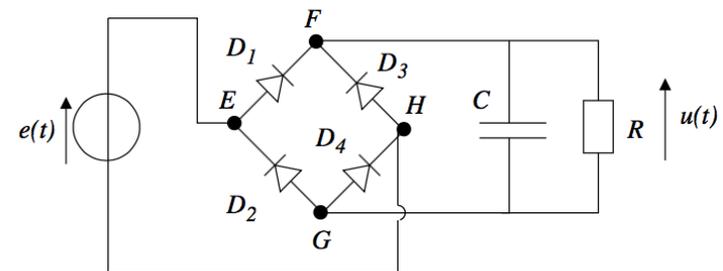
Les interrupteurs K_2 et \bar{K}_1 sont des diodes montées en inverse.

Ce qui donne finalement pour la structure du pont de diodes, appelé pont de Graetz :

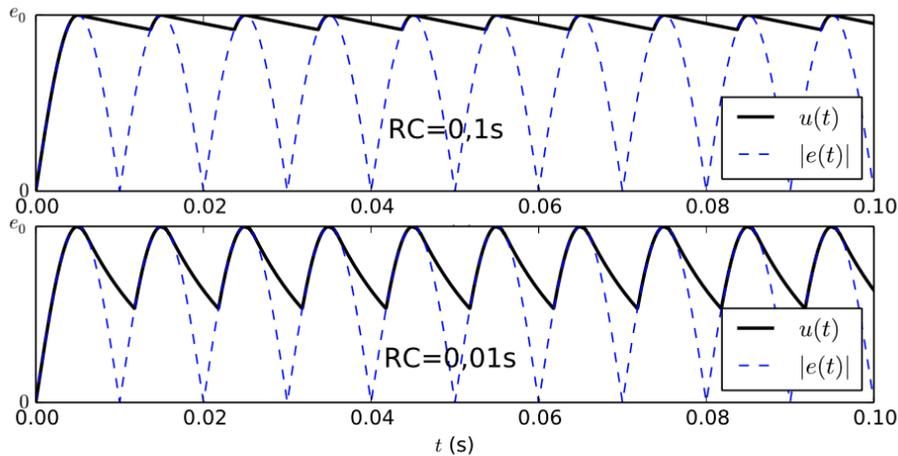


5.4 Filtrage par condensateur

Le pont de diodes a permis de redresser la tension et d'obtenir une tension continue (de moyenne non nulle au sens de l'électronique de puissance). À l'aide d'un condensateur, on peut effectuer un filtrage passe-bas, R jouant le rôle de la charge.



La présence du condensateur permet de diminuer le taux d'ondulation et de se rapprocher d'une tension constante en sortie. Ceci est d'autant mieux vérifié que la constante de temps $\tau = RC$ de décharge du condensateur dans la résistance R est supérieure à la demi-période du signal d'entrée (Cf. figures page suivante).



Capacités exigibles :

→ Citer des exemples illustrant la nécessité d'une conversion de puissance électrique.

Décrire l'architecture générale d'un convertisseur électronique de puissance : générateur, récepteur, processeur de puissance utilisant des interrupteurs électroniques.

Décrire la caractéristique idéale courant-tension de la diode.

Décrire la caractéristique idéale courant-tension du transistor.

Définir les notions de sources de courant et de tension. Expliquer le rôle des condensateurs et des bobines comme éléments de stockage d'énergie assurant le lissage de la tension ou de l'intensité à haute fréquence.

Caractériser les sources par leur réversibilité en tension, en intensité, en puissance.

Citer des exemples

Citer les règles d'interconnexions entre les sources.

Expliquer le fonctionnement d'une cellule élémentaire à deux interrupteurs assurant le transfert d'énergie entre une source de courant et une source de tension.

→ Hacheur :

Tracer des chronogrammes, exploiter le fait que la moyenne d'une dérivée est nulle en régime périodique établi, calculer des moyennes de fonctions affines par morceaux, utiliser un bilan de puissance moyenne pour établir des relations entre les tensions et les intensités.

Justifier le choix des fonctions de commutation pour un hacheur série assurant l'alimentation d'un moteur à courant continu à partir d'un générateur idéal de tension continue. Exprimer les valeurs moyennes des signaux. Calculer l'ondulation en intensité dans l'approximation d'un hachage haute fréquence réalisant une intensité affine par morceaux.

→ Redresseur :

Redressement double alternance réalisé avec un pont de diodes.

Pour un générateur de tension sinusoïdal et une charge assimilable à une source continue de courant, décrire les différentes séquences de commutation des diodes.

Mettre en œuvre un redressement double alternance

→ Onduleur :

Décrire la structure en pont à quatre interrupteurs et les séquences de commutation pour une fréquence de commutation fixe.