

Les hacheurs (Bibliographie Therfaie Mamid)

Les hacheurs opèrent une conversion continu-continu placés entre un générateur et un récepteur Tous les deux à courant continu, ils permettent de régler la tension appliquée au récepteur ou le courant qui circule. Ils peuvent être directs ou indirects.

• Les hacheurs directs relient un générateur et un récepteur qui se comportent l'un comme une source de tension, l'autre comme une ~~source~~ source de courant conformément à la règle d'alternance des sources. Ils ne comportent que des ~~sources~~ interrupteurs qui permettent d'agir sur les connexions entre le générateur et le récepteur.

• Les hacheurs indirects relient un générateur et un récepteur de même nature. Ils comportent des interrupteurs et un élément de stockage d'énergie qui joue le rôle de source intermédiaire de courant ou de tension suivant que générateur et récepteur sont des sources de courant tension ou de courant. L'élément de stockage reçoit l'énergie du générateur puis la transmet au récepteur en fonction des connexions établies par les interrupteurs.

Hacheurs directs

On désignera par :

u, i la tension et le courant d'entrée
 u', i' la — de sortie

U, I, U' et I' les valeurs moyennes de u, i, u', i'

Si on néglige les pertes à l'intérieur d'un hacheur, la puissance moyenne à l'entrée et à la sortie sont la même et puisqu'il n'y a pas d'élément de stockage il en est de même pour la puissance instantanée

$$[UI = U'I'] \text{ et } ui = u'i'$$

Hacheur Série

Le hacheur série, dit aussi abaisseur de tension ou buck Converter, commande le débit

d'un générateur de tension dont la tension est toujours positive.

dans un récepteur de courant dont le courant ne peut devenir négatif

(1) Principe: On suppose d'abord que le générateur et le récepteur sont parfaits: le premier fournit une tension V constante, le second absorbe un courant I' constant

* Le schéma de principe est le suivant: Le hacheur est formé d'un transistor T et d'une diode D

La forme d'onde de la tension de sortie u' , du courant d'entrée i , du courant dans T et D et des tensions à leurs bornes sera donnée

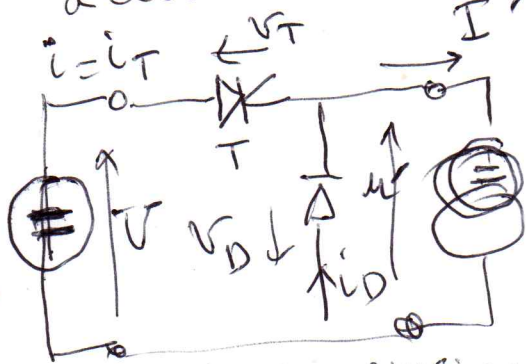


schéma de principe

Quand T est fermé:

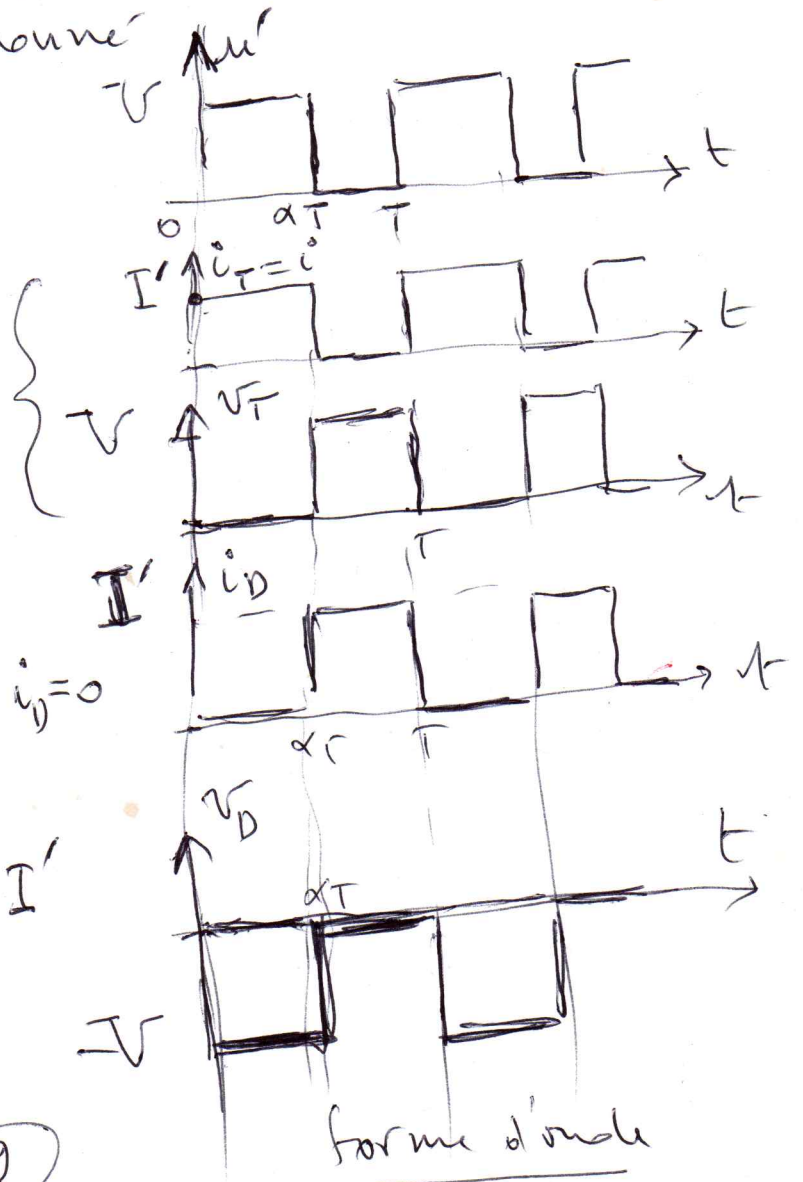
$$u' = V, i = I'$$

$$V_T = 0, i_T = I', V_D = -V, i_D = 0$$

Quand T est ouvert

$$u' = 0, i = 0$$

$$V_T = +V, i_T = 0, V_D = 0, i_D = I'$$



forme d'onde

* Si T est la période de fonctionnement et αT la durée des intervalles de conduction du transistor, la tension de sortie u' a pour valeur moyenne

$$\boxed{U' = \alpha U} \quad U' = \frac{1}{T} \int_0^{\alpha T} U dt$$

en faisant varier α de 0 à 1, on fait varier U' de 0 à U .

De même, la valeur moyenne I du courant i vaut

$$\boxed{I = \alpha I'} \quad I = \frac{1}{T} \int_0^{\alpha T} I' dt$$

On voit qu'au niveau de valeurs moyennes de u' et u , de i et i' c'est à dire de composantes utiles de ces grandeurs le hacheur se comporte comme un transformateur idéal de rapport de transformation α .

La puissance moyenne absorbée par le récepteur

$$P' = U' I' = \alpha U I'$$

est égale à celle fournie par la source de tension

$$P = U I = U_0 \alpha I'$$

Il en est de même de puissance instantanées.

A tout instant

$$p = u i = p' = u' i'$$

⑥ Imperfections du récepteur

En pratique pour qu'on puisse le considérer comme un récepteur de courant il suffit que le récepteur soit un circuit inductif

L'assimiler à une source de courant de valeur constante revient à négliger l'ondulation que la valeur finie de l'inductance et la forme et la forme en créneaux de la tension à ses bornes font apparaître sur le courant.

Prendre en compte le caractéristique réel du récepteur permet :

— d'une part d'établir la relation liant la valeur moyenne V' de la tension à ses bornes à la valeur moyenne I' du courant qu'il absorbe. Cette dernière étant d'intensité de la source de courant à laquelle on peut assimiler le récepteur si on néglige l'ondulation du courant i'

— d'autre part déterminer, de manière exacte ou approchée, l'ondulation du courant i' autour de sa valeur moyenne

* Si le récepteur est une charge R-L-E' série lorsque la conduction de la diode au cours de l'intervalle $\alpha T < t < T$ est continue, la valeur moyenne de V' de la tension aux bornes du récepteur égale à V , elle est liée à la valeur moyenne I' du courant absorbé par

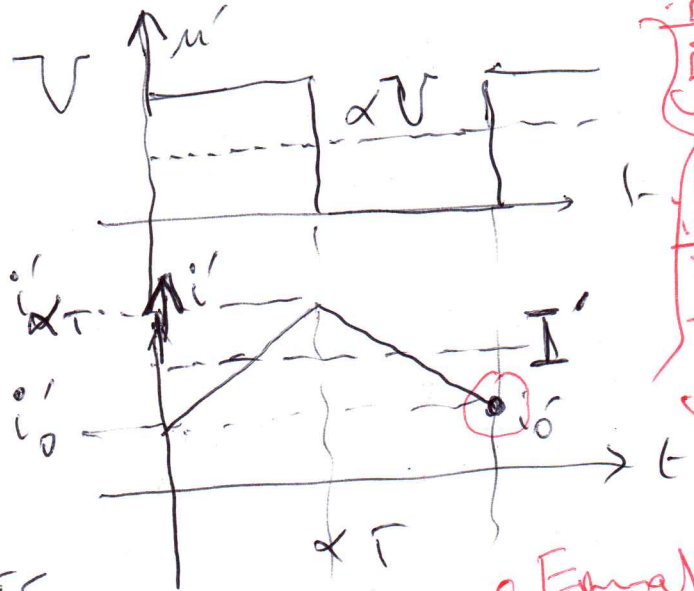
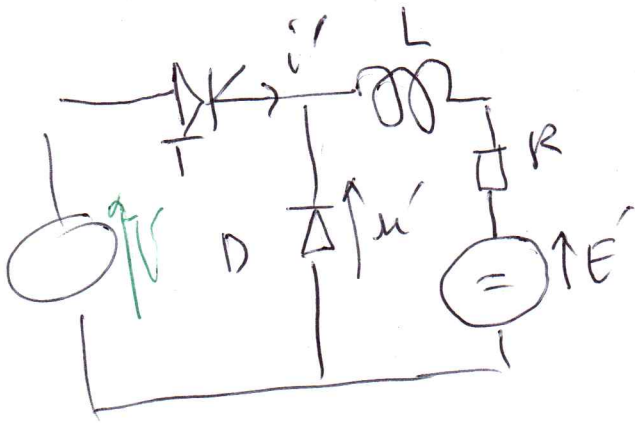
Modèle moyen en tension $\rightarrow \alpha V = R I' + E'$ donc $I' = \frac{\alpha V - E'}{R}$ ou $E' < \alpha V$

Puisque la tension aux bornes de L a une valeur moyenne nulle car en régime permanent le courant i' retrouve à la fin de la période de recharge la valeur qu'il avait au début de celle-ci

Il faut donc imposer des valeurs moyennes de V et E' on règle la valeur de I' en agissant sur α .
Si dans les conditions normales de fonctionnement du récepteur la tension $R I'$ est faible devant V , α est sensiblement égal à E'/V

pour estimer l'ondulation du courant i' on assimile la tension $Ri' + E'$ à sa valeur moyenne $RI' + E'$, ce qui revient à supposer que la chute de tension associée à l'ondulation de i' se retrouve entièrement aux bornes de L'

$$L \frac{di'}{dt} = u' - (RI' + E') = u' - \alpha V$$



Conduction Continue

pour $0 < t < \alpha T$, $u' = V$,

$$\frac{di'}{dt} = \frac{(1-\alpha)V}{L} \Rightarrow i' = i_0 + \frac{1-\alpha}{L} V_0 t$$

Equation d'une droite (pente positive)

i' croît de son minimum à son maximum $i_{\alpha T}$

pour $\alpha T < t < T$, $u' = 0$,

$$\frac{di'}{dt} = -\frac{\alpha V}{L} \Rightarrow i' = i_{\alpha T} - \frac{\alpha V}{L} (t - \alpha T)$$

Equation d'une droite (pente négative)

i' décroît pour retrouver à T la valeur i_0

L'ondulation $\Delta i'$ du courant est donc donnée

$$\Delta i' = i_{\alpha T} - i_0 = \frac{V}{L} (1-\alpha) \alpha T$$

elle est maximale pour $\alpha = 0.5$ et vaut $VT/4L$

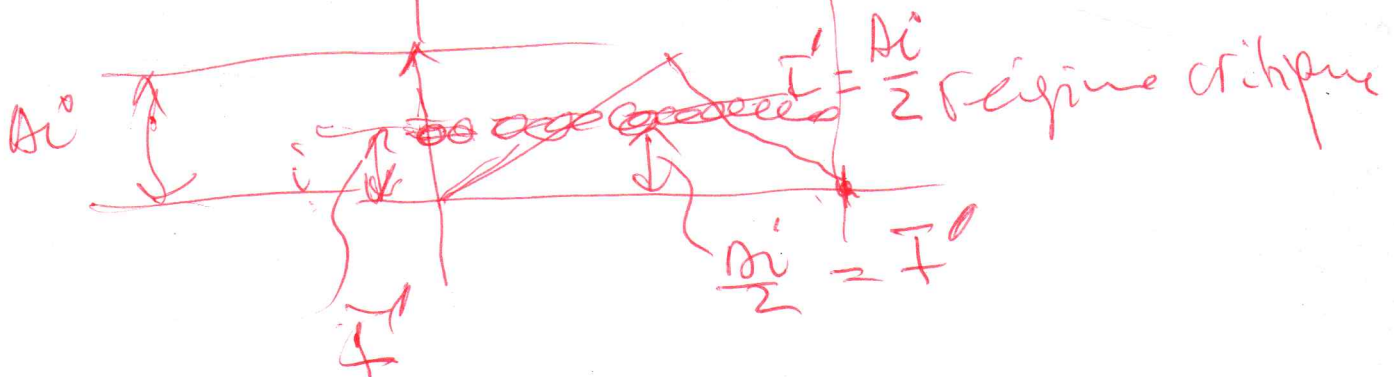
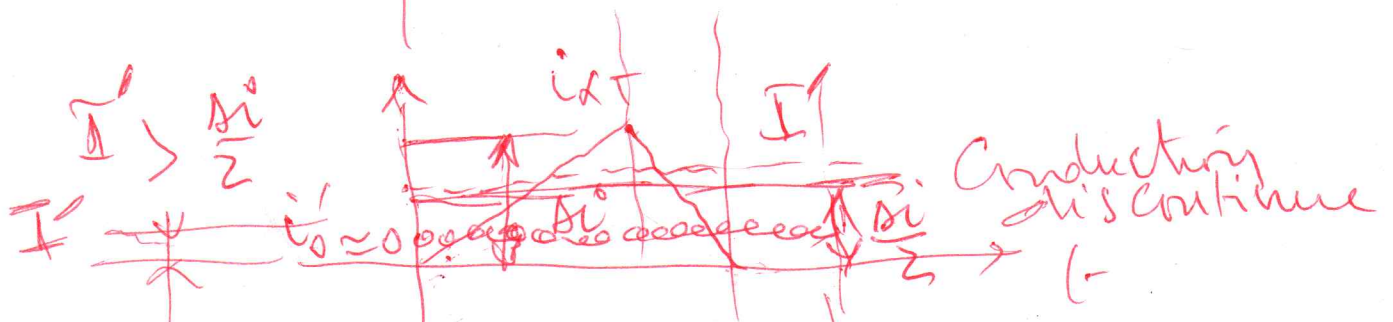
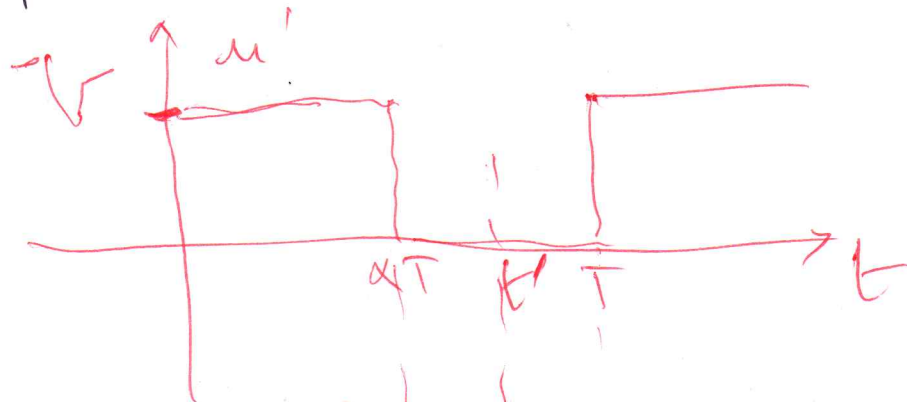
Les valeurs i'_0 et $i'_{\alpha T}$ sont symétriques par rapport à I'

$$i'_0 = I' - \frac{\Delta i'}{2}, \quad i'_{\alpha T} = I' + \frac{\Delta i'}{2}$$

pour que la conduction soit continue il faut que i' soit constamment positif donc que l'on ait -

$$I' > \frac{\Delta i'}{2} = \frac{V}{2L} \alpha (1-\alpha) T$$

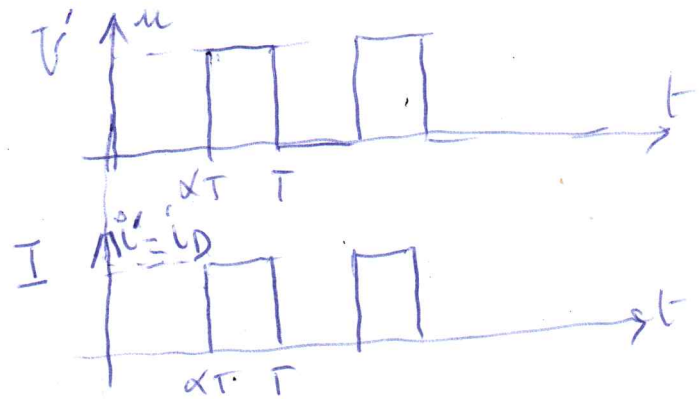
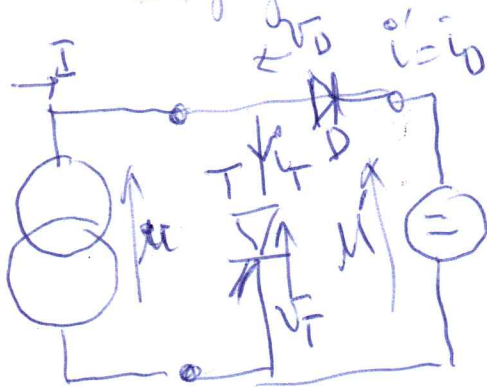
Si I' devient inférieur à cette valeur la conduction devient intermittente (discontinue) le courant i' part de zéro au $t = 0$ et revient en t' tel que $\alpha T < t' < T$



HACHEUR parallèle ou Elevateur "ou boost Converter"

- Il commande le débit
- d'un générateur de courant dont le courant i' est toujours positif
- dans un récepteur de tension dont la tension u' ne peut devenir négative.

La figure suivante donne le schéma de principe.



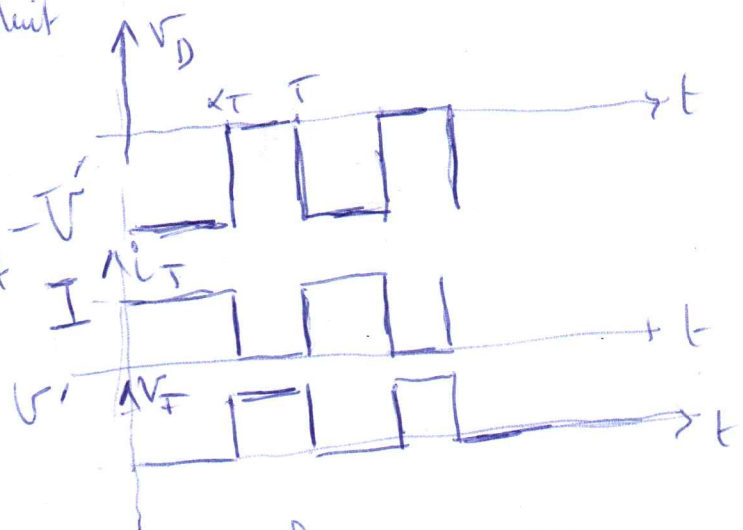
pour $0 < t < \alpha T$, le transistor conduit
 $u = 0, i' = 0$

$i_D = 0, V_D = -V', i_T = I, V_T = 0$

pour $\alpha T < t < T$, la diode conduit

$u = V', i' = I$

$i_D = I, V_D = 0, i_T = 0, V_T = +V'$



La tension d'entrée u a pour valeur moyenne.

$$V = \frac{1}{T} \int_0^T V dt = \frac{1}{T} V' \cdot \alpha T = \frac{1}{T} V' (T - \alpha T) = V' (1 - \alpha)$$

$$V = (1 - \alpha) V' \rightarrow V' = \frac{1}{1 - \alpha} V$$

Le courant de sortie i' a pour valeur moyenne I'

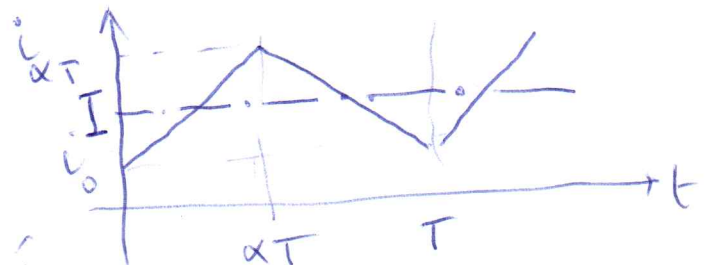
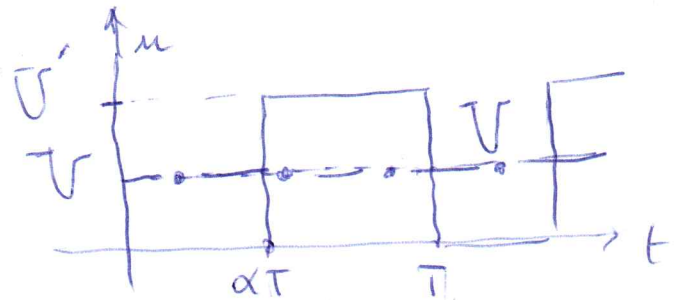
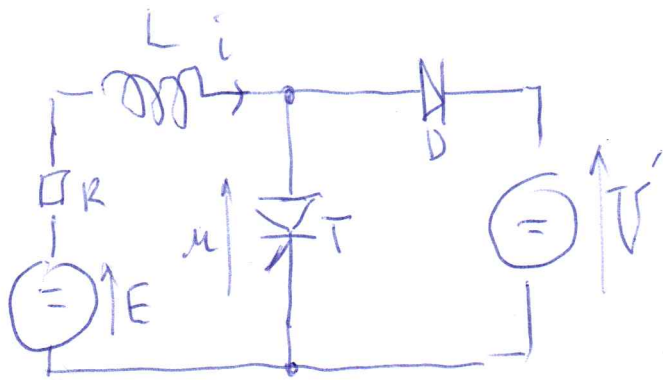
$$I' = \frac{1}{T} \int_0^T I dt \rightarrow I' = (1 - \alpha) \cdot I$$

Quand α varie de 1 à 0 ; V' va de 0 à V et I' va de 0 à I

* Si le générateur est un circuit R, L, E série lorsque la conduction est continue, le courant moyen débité par le générateur est égal

$$I = \frac{E - U}{R} = \frac{E - (1-\alpha)V'}{R}$$

puisque la tension aux bornes de L a une valeur moyenne nulle.



* Comme pour le hacheur série on peut calculer une valeur approchée de l'ondulation du courant i en remplaçant la tension $E - Ri$ par sa valeur moyenne $E - RI$

$$L \frac{di}{dt} = E - Ri - u = E - RI - u = (1-\alpha)V' - u$$

$$\boxed{L \frac{di}{dt} = (1-\alpha)V' - u}$$

Etude: pour

$$0 < t < \alpha T, u = 0 \Rightarrow L \frac{di}{dt} = (1-\alpha)V' \Rightarrow$$

$$i = i_0 + (1-\alpha) \frac{V'}{L} \cdot t$$

$$\alpha T < t < T, u = V' \Rightarrow L \frac{di}{dt} = -\alpha V' \Rightarrow$$

$$i = i_{\alpha T} - \alpha \frac{V'}{L} (t - \alpha T)$$

$$\text{pour } t = T \Rightarrow i_0 = i_{\alpha T} - \alpha \frac{V'}{L} (T - \alpha T) = i_{\alpha T} - \alpha \frac{V'}{L} (1-\alpha)T \Rightarrow \Delta i = ?!$$

$$\Delta i = i_{\alpha T} - i_0 = \frac{V}{L} (1 - \alpha) T$$

L'ondulation Δi du courant d'entrée est donc donnée par
elle est maximum pour $\alpha = 0,5$ et vaut $\frac{VT}{4 \cdot L}$

Les valeurs maximums $i_{\alpha T}$ et minimums i_0 sont symétriques par rapport à I :

$$i_0 = I - \Delta i / 2 \quad \text{et} \quad i_{\alpha T} = I + \Delta i / 2$$

* Il faut que le récepteur se comporte en source de tension. Si son impédance interne n'est pas négligeable, on doit dériver une capacité à ses bornes. Si on ajoute ensuite une inductance en série, on a constitué un filtre réduisant l'ondulation de courant à ses bornes, de tension aux bornes du récepteur et l'ondulation du courant qui lui est fourni.

On remarque les nombreuses analogies entre le hacheur série et le hacheur parallèle. C'est normal puisque l'un commande le transfert de puissance d'une source de tension vers une source de courant, l'autre le transfert de puissance en sens inverse.