

Les hacheurs - Caractéristiques principales

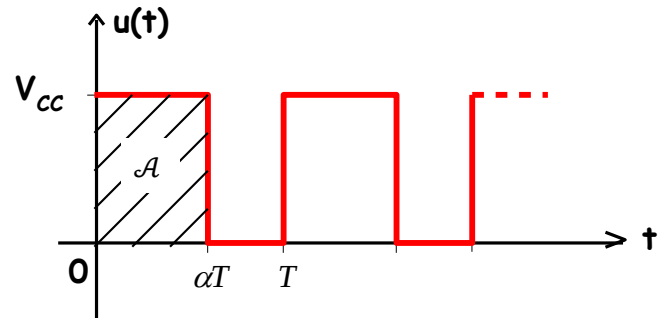
1. Quelle est l'expression de la valeur moyenne de la tension en sortie du hacheur série ?

$$\langle u \rangle = \frac{1}{T} \times \mathcal{A}$$

Avec $\mathcal{A}$: aire située sous la courbe (voir surface hachurée ci-contre).

$$\langle u \rangle = \frac{1}{T} \times \alpha T \times V_{CC}$$

$$\langle u \rangle = \alpha \times V_{CC}$$



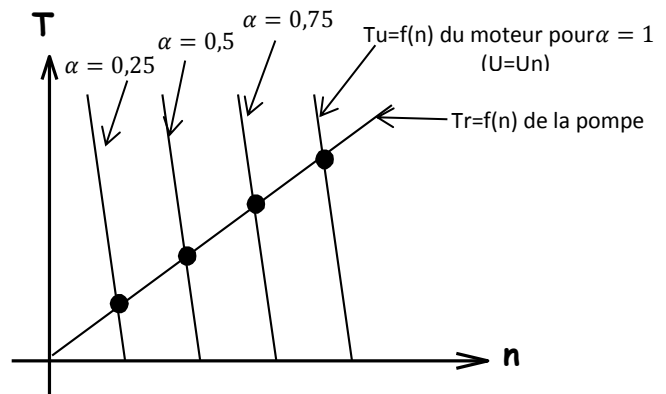
2. Comment le hacheur série permet-il la variation de vitesse des moteurs à courant continu ?

La tension en sortie du hacheur est continue mais pas parfaitement lissée. Cependant, en rendant par réglage la période T du hacheur négligeable par rapport à la constante de temps mécanique du moteur, la vitesse de celui-ci n'aura pas le temps de varier. Tout se passe comme-ci le moteur était alimenté par une tension continue parfaitement lissée $U = \langle u \rangle = \alpha \times V_{CC}$.

Avec le réglage de α , on obtient différentes valeurs de U qui correspondent à des caractéristiques mécaniques différentes pour le moteur (droites parallèles).

Ces droites permettent d'obtenir plusieurs points de fonctionnement avec la charge entraînée (voir ci-contre l'exemple de l'entraînement d'une pompe).

Le hacheur permet également le démarrage à tension d'induit réduite.



3. Quelle est la forme d'onde du courant en sortie d'un hacheur série alimentant un moteur à courant continu ?

La constante de temps électrique du moteur est beaucoup plus faible que la constante mécanique de celui-ci et n'est pas négligeable devant la période du hacheur. Le courant va donc répondre aux fluctuations de la tension en sortie du hacheur.

Une fois le régime permanent établi (le moteur démarre avant $t=0$), on a montré dans le paragraphe précédent que la vitesse était constante : donc $E=Cte$

⇒ A $t=0$, u passe brutalement de 0 à V_{CC} .

La variation du courant d'induit du moteur est régit par l'équation différentielle suivante :

$$E + Ri + L \frac{di}{dt} = V_{CC}$$

C'est un régime transitoire du 1^{er} ordre, dont on peut mettre l'équation sous sa forme canonique :

$$\frac{L}{R} \frac{di}{dt} + i = \frac{V_{CC} - E}{R}$$

La constante de temps est $\tau = \frac{L}{R}$ est la valeur finale de i est $\frac{V_{CC}-E}{R}$

i croit donc suivant la courbe de réponse d'un 1^{er} ordre à un échelon, mais n'a pas le temps d'atteindre sa valeur finale avant $t = \alpha T$.

⇒ A $t = \alpha T$, u passe brutalement de V_{CC} à 0.

La variation du courant d'induit du moteur est régit par l'équation différentielle suivante :

$$E + Ri + L \frac{di}{dt} = 0$$

C'est un régime transitoire du 1^{er} ordre, dont on peut mettre l'équation sous sa forme canonique :

$$\frac{L}{R} \frac{di}{dt} + i = -\frac{E}{R}$$

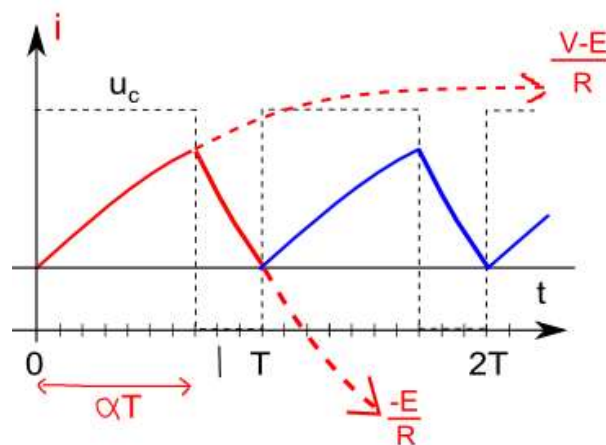
La constante de temps est $\tau = \frac{L}{R}$ est la valeur finale de i est $-\frac{E}{R}$

i décroît donc suivant la courbe de réponse d'un 1^{er} ordre à un échelon, mais n'a pas le temps d'atteindre sa valeur finale avant $t = T$.

⇒ A $t = T$, on revient à la configuration de $t=0$

Le courant i est donc périodique.

On obtient la forme d'onde suivante :

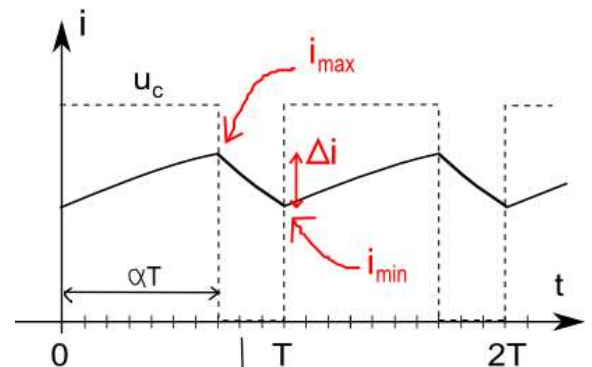


4. Comment améliorer le lissage du courant ?

L'ondulation de courant Δi peut être approximer pour le hacheur série par la relation :

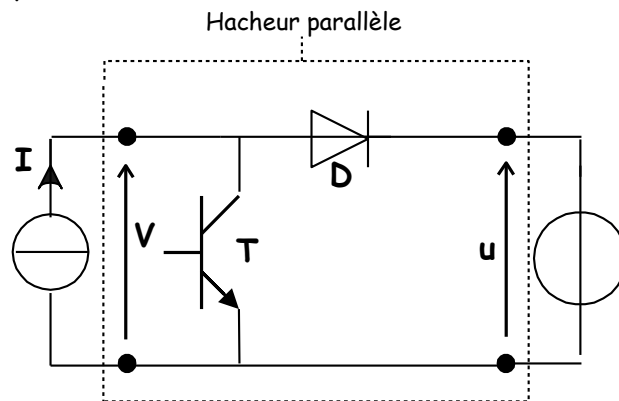
$$\Delta i = \frac{V_{cc} \alpha (1 - \alpha)}{LF}$$

Pour diminuer cette ondulation de courant, on peut donc **augmenter la fréquence F** du hacheur ou **augmenter le L** du moteur en ajoutant à celui-ci **une inductance de lissage en série**.



5. Quelle est la structure du Hacheur parallèle ?

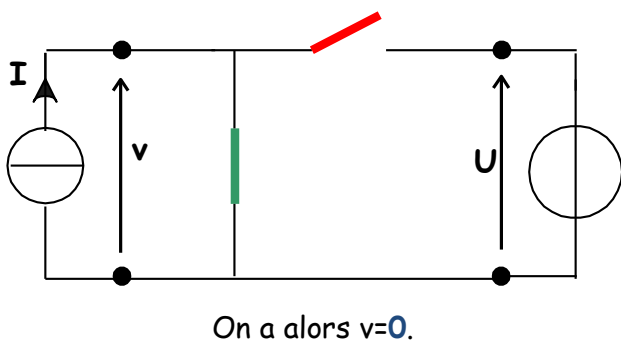
Le hacheur parallèle est un convertisseur statique réglant le transfert d'énergie entre une générateur de courant continu et un récepteur de tension continue.



6. Quelle est la forme d'onde de la tension à l'entrée du hacheur parallèle ?

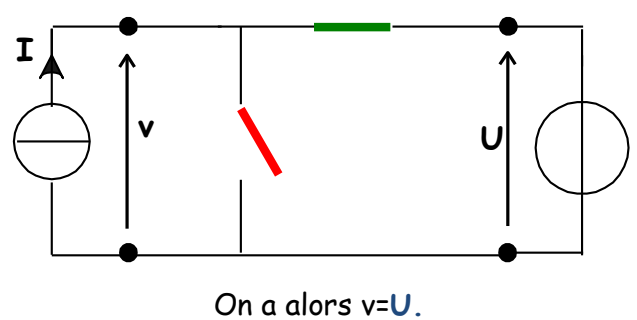
Les conductions de T et D sont complémentaires : quand T est passant ($T=1$) alors D est bloquée ($D=0$) et vice-versa.

De 0 à αT , le transistor est passant : $T=1$ et $D=0$



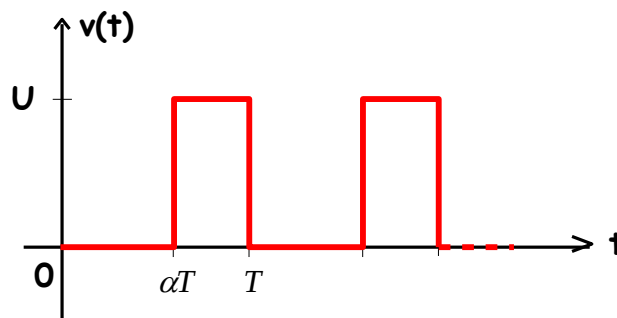
On a alors $v=0$.

De αT à T , le transistor est bloqué : $T=0$ et $D=1$



On a alors $v=U$.

D'où la forme d'onde suivante :



7. Quelle est l'expression de la tension en sortie d'un hacheur parallèle ?

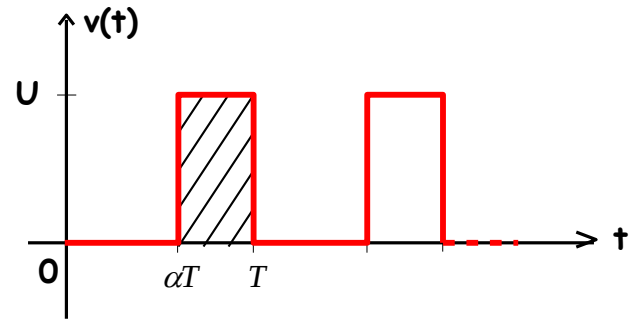
$$\langle v \rangle = \frac{1}{T} \times \mathcal{A}$$

Avec $\mathcal{A}$: aire située sous la courbe (voir surface hachurée ci-contre).

$$\langle v \rangle = \frac{1}{T} \times (T - \alpha T) \times U$$

$$\langle v \rangle = (1 - \alpha) \times U$$

$$U = \frac{\langle v \rangle}{1 - \alpha}$$

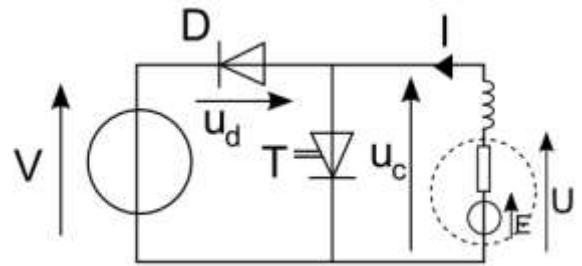


$\Rightarrow U \geq \langle v \rangle$: le hacheur parallèle est élévateur de tension

8. Quelle est l'application concernant les machines à courant continu ?

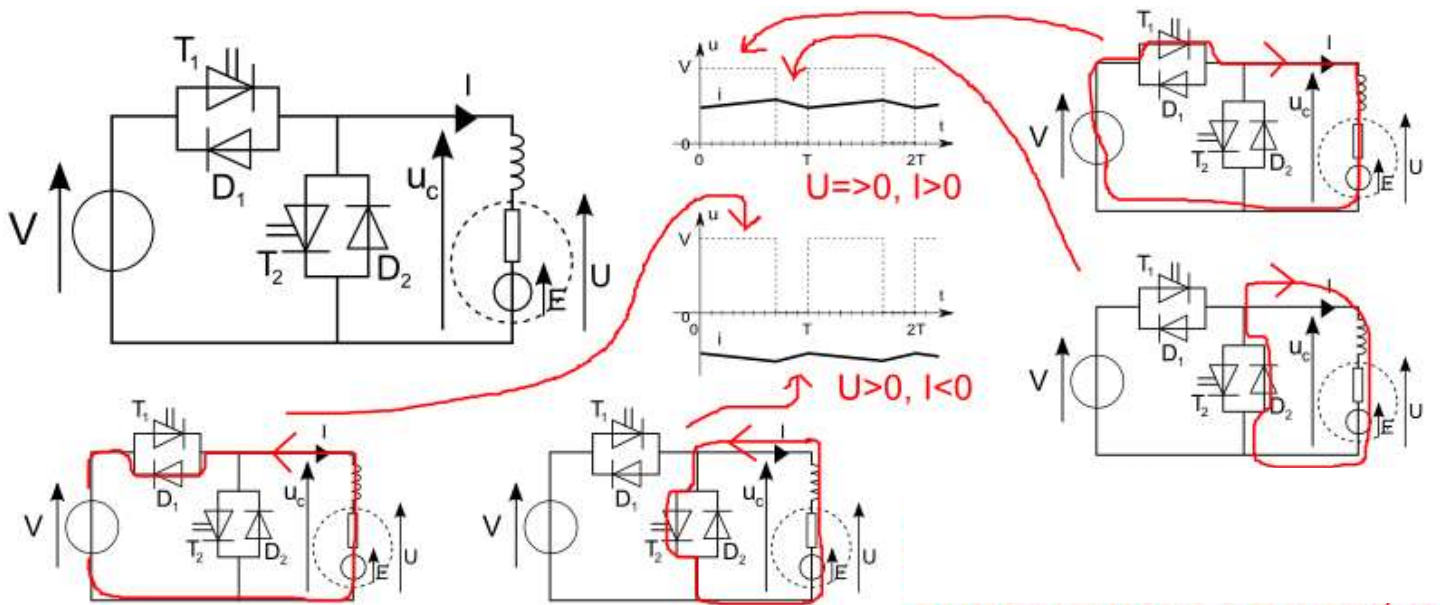
Lors de la phase de freinage, la machine à courant continu fonctionne en génératrice, mais sa f.e.m. E (qui décroît car la vitesse diminue) est inférieure à la tension U qui alimentait le moteur.

Pour assurer le transfert d'énergie électrique vers la source, il faut un convertisseur d'énergie continu-continu élévateur de tension : le hacheur parallèle.



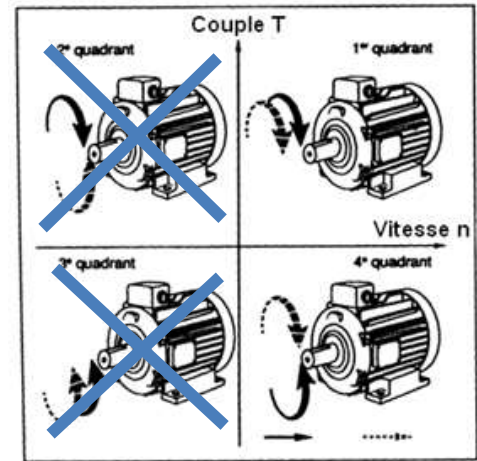
9. Comment obtenir un hacheur réversible en courant ?

On l'obtient en plaçant en parallèle inverse des interrupteurs unidirectionnels :



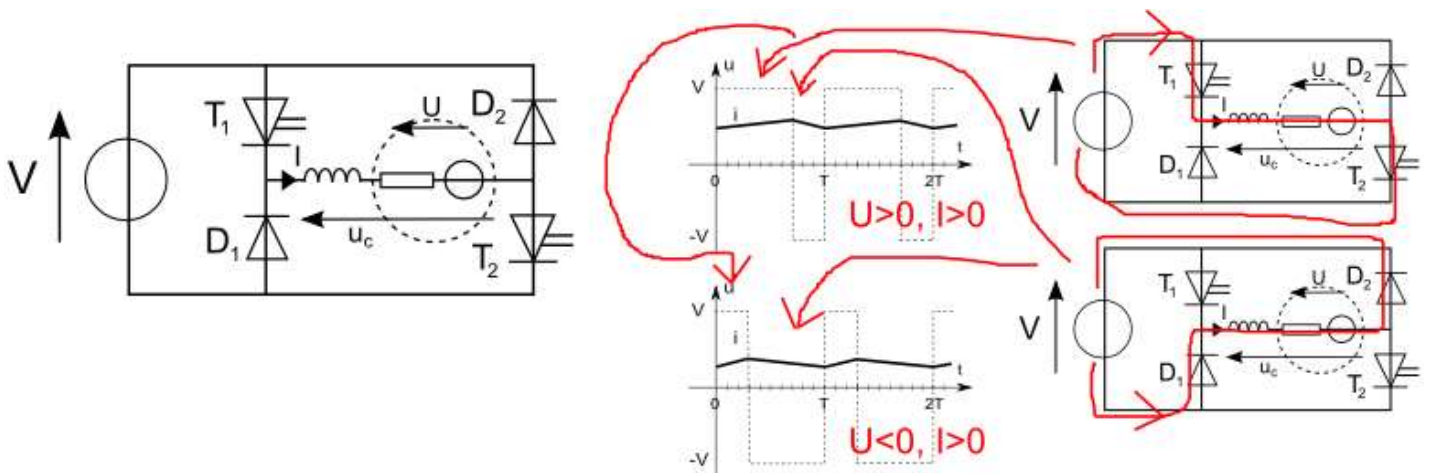
On a alors $\langle u_c \rangle = \alpha \times V$

Ce montage permet un fonctionnement en moteur et freinage avant.



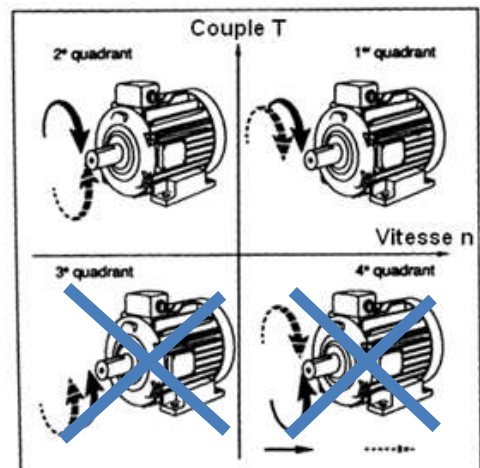
10. Comment obtenir un hacheur réversible en tension ?

On l'obtient en réalisant une structure en pont :



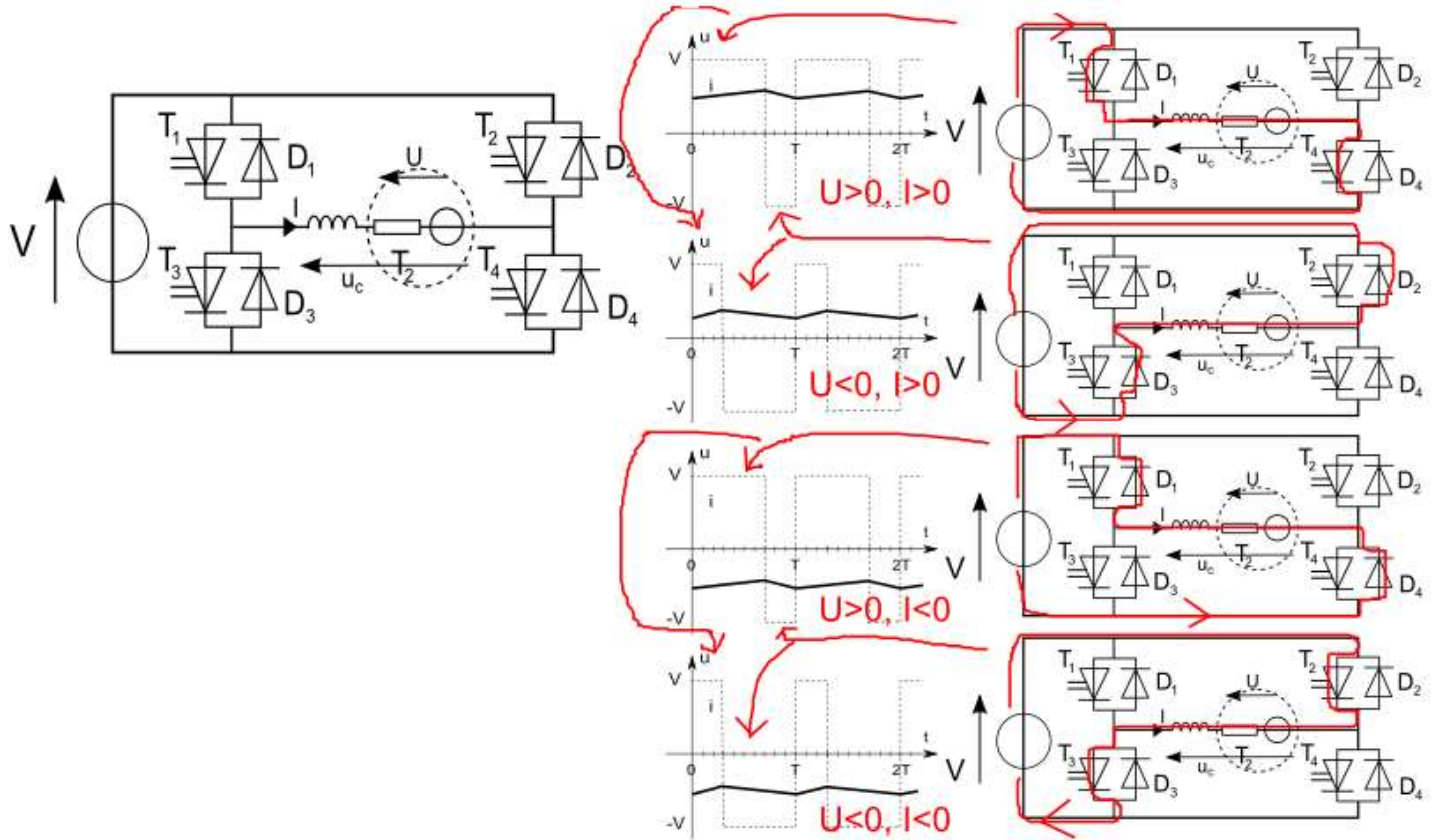
On a alors $\langle u_c \rangle = (2\alpha - 1) \times V$

Ce montage permet un fonctionnement en moteur avant et freinage arrière.



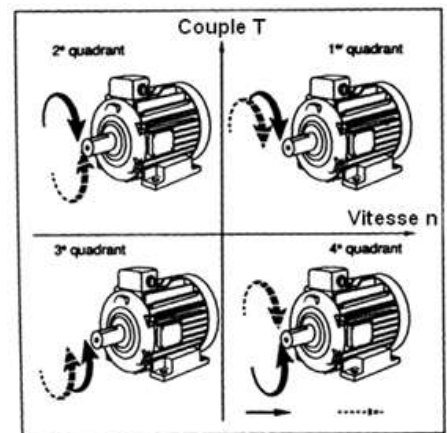
11. Comment obtenir un hacheur réversible en courant et en tension ?

On l'obtient en combinant les 2 montages précédents :



$$\text{On a alors } \langle u_c \rangle = (2\alpha - 1) \times V$$

Ce montage permet un fonctionnement dans les 4 quadrants



12. Comment calculer la puissance en entrée ou en sortie d'un hacheur ?

En continu et pour une tension parfaitement lissée, la relation permettant le calcul de la puissance est (voir document de synthèse de calcul des puissances de 1^{ère} année) :

$$P = U \times \langle i \rangle$$

Cette relation peut donc être utilisée en sortie du hacheur parallèle et en entrée des autres hacheurs de ce chapitre.

Les interrupteurs étant considérés idéaux, la puissance d'entrée peut être considérée égale à la puissance de sortie.