Introduction à l'électronique de puissance (fonction « convertir »)



Lycée du Hainaut
Mathématiques spéciales TSI
2005/2006

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Plan

I. Électronique de Puissance (EnPu)

- Introduction et définitions

II. Fonctions de base et terminologie des convertisseurs statiques

- II.1 Introduction
- II.2 Description des classes de convertisseurs

III. Association de fonctions de base : Cascade de convertisseurs

IV. Constitution des convertisseurs statiques

- IV.1 Caractéristiques
- IV.2 Intérêt d'un dispositif de conversion d'énergie à pertes minimales
  - IV.2.1 Première solution : Gradation par rhéostat
  - IV.2.2 Évolution : Gradation par autotransformateur à rapport variable
  - IV.2.3 Phase finale : Gradation par convertisseur statique
- IV.3 Composants utilisables
  - IV.3.1 Annulation de la puissance moyenne dissipée par un dipôle
  - IV.3.2 Composants fonctionnant en commutation
  - IV.3.3 Composants réactifs

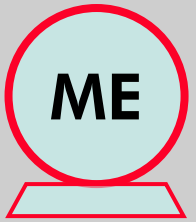
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Électronique de Puissance : Définitions (1/2)

I. Définitions
II. Fonctions de base et terminologie des convertisseurs statiques
III. Association de fonctions de base : cascade de convertisseurs
IV. Constitution des convertisseurs statiques

HIER

Énergie électrique 1
+
Mouvement



Énergie électrique 2

AUJOURD'HUI

Énergie électrique 1
+
Composants interconnectés

Conversion statique

Énergie électrique 2

Électronique de Puissance

- Branche particulière très liée à l'Électrotechnique (courants forts)
- Étude de la **conversion statique** de l'énergie électrique
- Moyens statiques : Composants électroniques à semi-conducteurs
  - Les composants remplacent les machines tournantes
  - Machines électriques tournantes : Nécessité de « **mouvement** » → **Dynamique**

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Électronique de Puissance : Définitions (2/2)

I. Définitions
II. Fonctions de base et terminologie des convertisseurs statiques
III. Association de fonctions de base : cascade de convertisseurs
IV. Constitution des convertisseurs statiques

Avantages de l'Électronique de Puissance (par rapport aux machines)

- Utilisation souple et efficace de l'énergie électrique : **Meilleurs rendements** ;
- Pour l'énergie électrique, amélioration :
  - De sa gestion,
  - De son transport
  - De sa distribution
- Dispositifs électriques :
  - Taille et de masse réduites,
  - Fonctionnement ultrasonore (travail à des fréquences supérieures à 20 kHz)

Moyens

- **Convertisseurs statiques**
- **Ils permettent de transformer**
  - L'énergie électrique du réseau d'alimentation (offre)
  - En une forme appropriée à la charge connectée (demande)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

I. Définitions
II. Fonctions de base et terminologie
II.1. Introduction
III. Association de fonctions de base : cascade de convertisseurs
IV. Constitution des convertisseurs statiques

Énergie électrique « primaire »

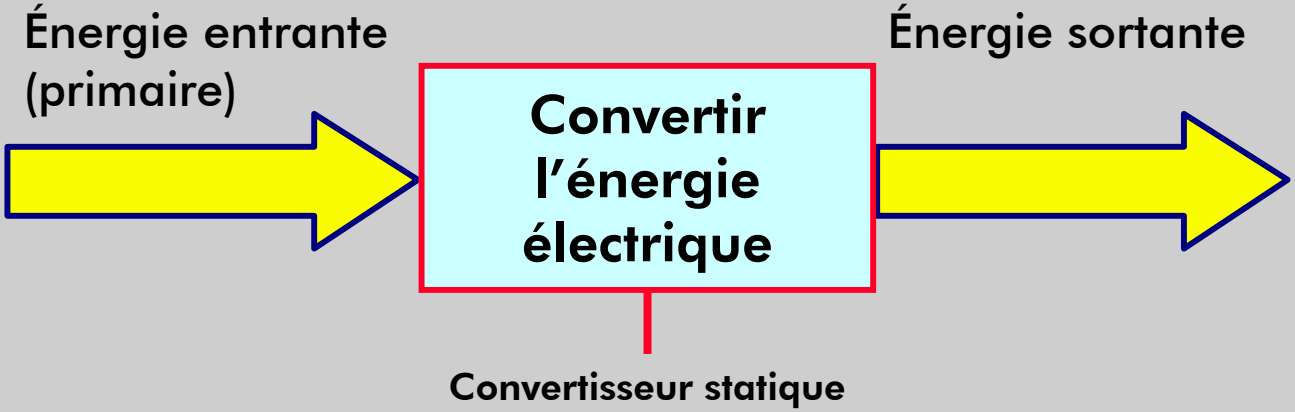
- Forme alternative
  - **Changement de signe** des grandeurs électriques
  - Disponible au travers d'un **réseau de distribution** industriel ou un **alternateur**
- Sous forme continue
  - Grandeur **unidirectionnelle** (un seul signe)
  - Fournie par des **batteries d'accumulateurs** ou des **génératrices à courant continu**
- La charge nécessite la forme d'énergie appropriée
  - Alternative ou continue suivant sa nature

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fonctions de base : Introduction (2/3)

I. Définitions
II. Fonctions de base et terminologie
II.1. Introduction
III. Association de fonctions de base : cascade de convertisseurs
IV. Constitution des convertisseurs statiques

Fonction « convertir »



Quatre classes de convertisseurs statiques

- **Redresseur** : alternatif → continu,
- **Hacheur** : continu → continu,
- **Onduleur** : continu → alternatif
- **Gradateur** ou cyclo-convertisseur : alternatif → alternatif.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

I. Définitions
II. Fonctions de base et terminologie
II.1. Introduction
III. Association de fonctions de base : cascade de convertisseurs
IV. Constitution des convertisseurs statiques

Réversibilité du convertisseur

La charge

- Reçoit de l'énergie
- Fournit de l'énergie

Conséquence

- Le convertisseur doit avoir un comportement approprié de la source

Choix d'un convertisseur adapté

- Insensible au sens de transfert de l'énergie
- Deux natures de convertisseurs





WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Description des classes de convertisseurs

I. Définitions
II. Fonctions de base et terminologie
II.2. Description des classes de convertisseurs
III. Association de fonctions de base : cascade de convertisseurs
IV. Constitution des convertisseurs statiques

Réseaux et charges continus

- Caractérisation en valeurs moyennes

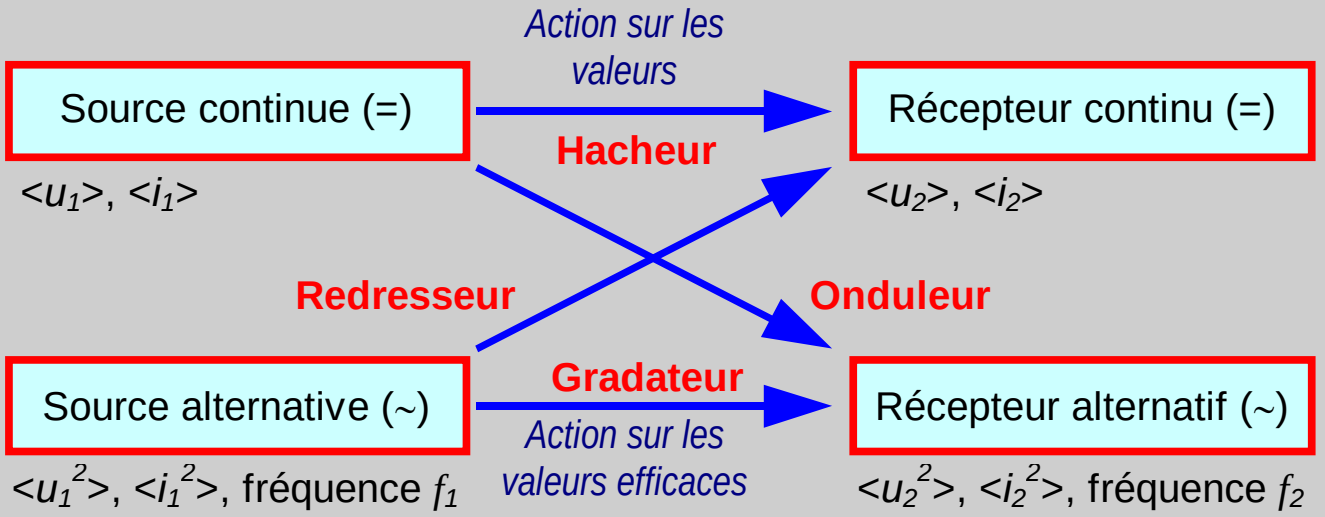
$$\frac{1}{T}\int_T s(t)\mathrm{d}t$$

Réseaux et charges alternatifs

- Caractérisation en valeurs efficaces

$$\sqrt{\frac{1}{T}\int_T s^2(t)\mathrm{d}t}$$

Schéma global de conversion



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

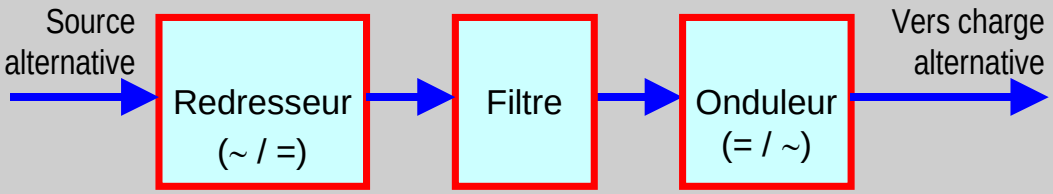
Association de fonctions de base : Cascade de convertisseurs

I. Définitions
II. Fonctions de base et terminologie
III. Association de fonctions de base : Cascade de convertisseurs
IV. Constitution des convertisseurs statiques

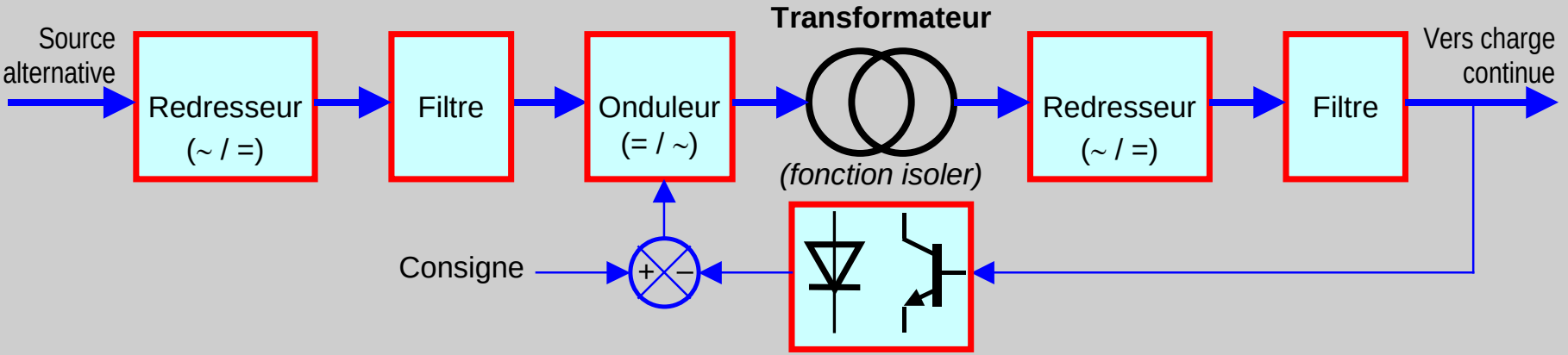
Types de conversions :

- Directes
- Indirectes

Exemple 1 : Variateur pour machines alternatives



Exemple 2 : Alimentation à découpage



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Constitution des convertisseurs statiques : Caractéristiques

I. Définitions
II. Fonctions de base
III. Association de fonctions de base : cascade de convertisseurs
IV. Constitution des convertisseurs statiques
IV.1. Caractéristiques

Niveaux de puissance importants

- Assurer la conversion d'énergie en recherchant le meilleur rendement

Principales raisons

- Difficultés ou impossibilité d'évacuer ou dissiper les pertes (sous forme de chaleur) ;
- Coût des dispositifs d'évacuation et de refroidissement très vite prohibitif ;
- La fiabilité des composants diminue quand la température augmente ;
- Garantir une autonomie suffisante aux appareils fonctionnant sur batteries ;
- Garantir un bilan technico-économique satisfaisant.

C'est sur ces considérations techniques et économiques que s'appuie le développement des convertisseurs

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Intérêt d'un dispositif de conversion d'énergie à pertes minimales (1/4)

I. Définitions
II. Fonctions de base
III. Association de fonctions de base : cascade de convertisseurs
IV. Constitution des convertisseurs statiques
IV.2. Dispositif de conversion d'énergie à pertes minimales

Exemple : Alimentation d'une lampe en éclairage domestique

- Réseau d'alimentation électrique à tension constante
- Variation d'intensité lumineuse
  - Par le réglage de la tension
  - Par le réglage du courant circulant dans la lampe
- Solution par insertion un dispositif en série entre le secteur et la lampe

Pour simplifier le raisonnement

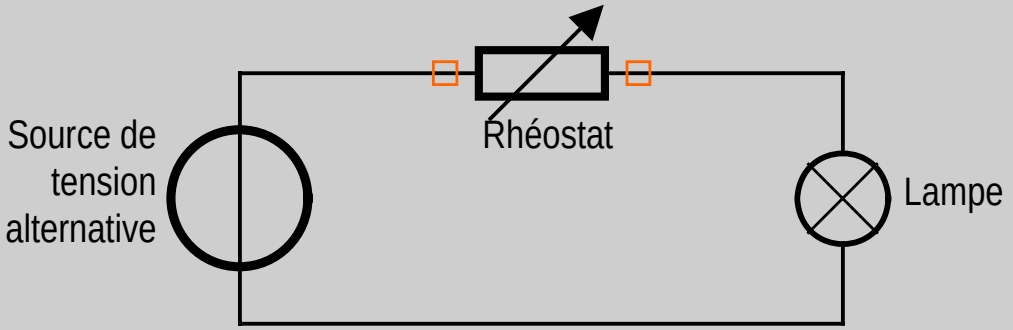
- On suppose la valeur de la résistance de la lampe constante

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Intérêt d'un dispositif de conversion d'énergie à pertes minimales (2/4)

Première solution :

Gradation par rhéostat



Hypothèse :

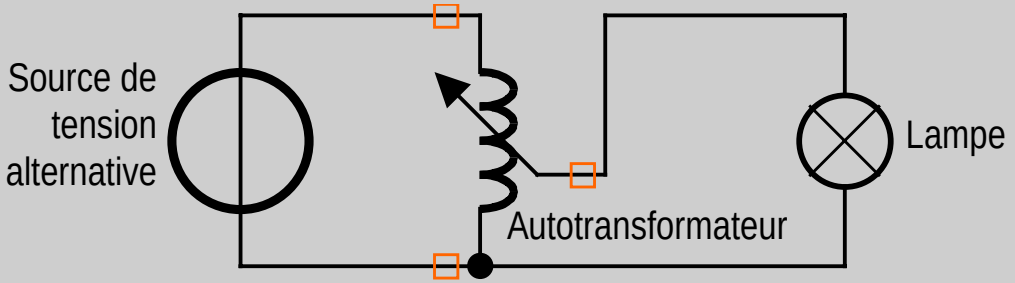
$R_{lampe} << R_{hmax}$

- R_h nulle
  - *P* lampe maximale
  - *Pmax*
- R_h maximale
  - *P* lampe minimale
  - *Pmin*
- *¼ luminosité lampe max.*
  - *Chute de tension moitié*
  - *Rendement 50%*
- Conclusion
  - La puissance inutilisée est perdue
  - Rendement variable (et souvent médiocre)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Intérêt d'un dispositif de conversion d'énergie à pertes minimales (3/4)

Gradation par autotransformateur à rapport variable



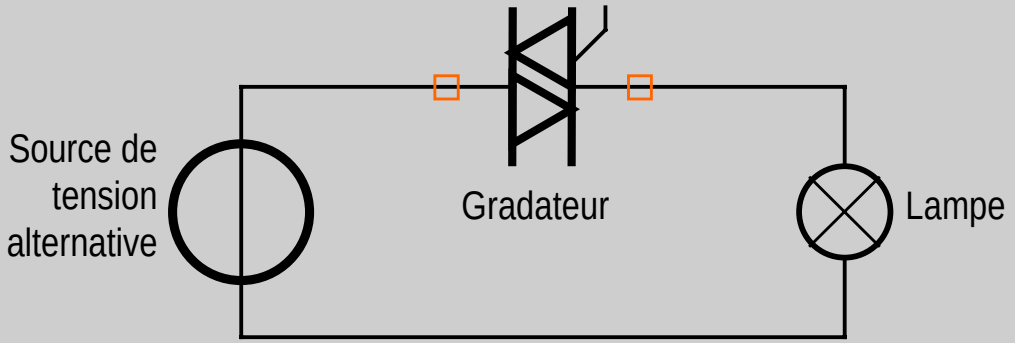
- Tension lampe nulle
  - *P* lampe nulle
- Tension lampe maximale
  - *P* lampe maximale
- *½ luminosité lampe max.*
  - *Chute de tension moitié*
  - *Rendement 100%*
- Conclusion
  - Pas de puissance perdue
  - Rendement maximal
  - Nécessité d'un autotransformateur coûteux

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Intérêt d'un dispositif de conversion d'énergie à pertes minimales (4/4)

I. Définitions
II. Fonctions de base
III. Association de fonctions de base : cascade de convertisseurs
IV. Constitution des convertisseurs statiques
IV.2. Dispositif de conversion d'énergie à pertes minimales

Gradation par convertisseur statique



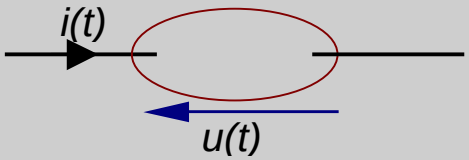
- Tension lampe nulle
  - *P* lampe nulle
- Tension lampe maximale
  - *P* lampe maximale
- *¼ luminosité lampe max.*
  - *Chute de tension moitié*
  - *Rendement 100%*
- Conclusion
  - Pas de puissance perdue
  - Rendement maximal
  - Composant statique peu coûteux (la commande un peu plus)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Convertisseur à pertes minimales : Composants utilisables (1/3)

I. Définitions
II. Fonctions de base
III. Association de fonctions de base : cascade de convertisseurs
IV. Constitution des convertisseurs statiques
IV.3. Composants utilisables

Puissance dissipée par un dipôle



Expression de la puissance : $p(t) = u(t) \cdot i(t)$

Absence de pertes : $P = \langle p(t) \rangle = 0$

Conséquences – Pour obtenir une puissance moyenne nulle, il faut :

- Une puissance instantanée nulle à tout instant,
- Une valeur moyenne de la puissance sur une période de fonctionnement nulle.

Deux classes de composants permettent ces conditions de fonctionnement

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Convertisseur à pertes minimales : Composants utilisables (2/3)

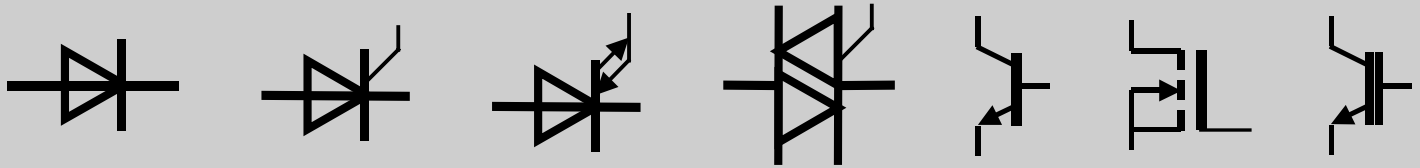
I. Définitions
II. Fonctions de base
III. Association de fonctions de base : cascade de convertisseurs
IV. Constitution des convertisseurs statiques
IV.3. Composants utilisables

Première classe de composants

- L'interrupteur parfait
  - Chute de tension nulle lors de la fermeture quelque soit le courant ;
  - Pas de courant de fuite à l'ouverture quelque soit la tension ;
  - Donc pertes nulles.



- En pratique : Interrupteurs ≡ Composants à semi-conducteurs en commutation.
  - Diodes, thyristors, triacs, GTOs, transistors (bipolaires, MOS, IGBTs) ;
  - Fonctionnent exclusivement en régime de commutation.



Les fonctions de commutation ne comportent que ces éléments

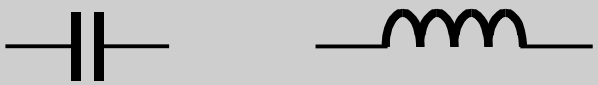
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Convertisseur à pertes minimales : Composants utilisables (3/3)

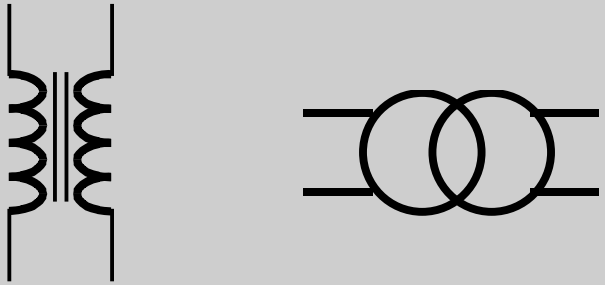
I. Définitions
II. Fonctions de base
III. Association de fonctions de base : cascade de convertisseurs
IV. Constitution des convertisseurs statiques
IV.3. Composants utilisables

Seconde classe de composants

- Composants réactifs :
  - Inductances et condensateurs



- On adjoint les transformateurs (inductances couplées)



Les fonctions filtres (par exemple) ne comportent que ces éléments

Éviter les résistances (sauf celles qui proviennent des imperfections)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



Fin de
« Introduction à
l'électronique de puissance »

Des questions ?