

STI2D	Chapitre 3 : l'énergie électrique	
	Partie 7 : conversions	

Pré-requis :

Connaissance générales sur l'électricité

Connaissances générales sur l'énergie

Les composants de l'électronique

Compétences visées :

Être capable de caractériser les différents moyens de convertir l'énergie électrique

L'électricité existant sous différentes formes (alternatif, continu) et ayant différentes valeurs possibles (12V, 230V, ...), il existe des moyens (convertisseurs) de modifier ces valeurs et de passer d'un type d'électricité à un autre.

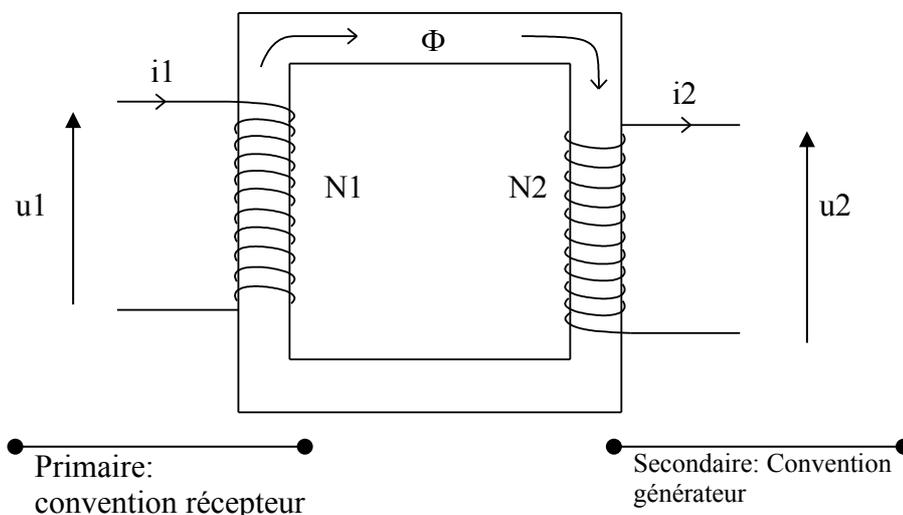
1. Les transformateurs : conversion alternatif/alternatif (~ vers ~)

Transformateur monophasé idéal

Les symboles du transformateur sont :



Constitution :



Principe de la conversion: alternatif → alternatif (avec conservation de la puissance apparente et de la fréquence)

Relations

On définit alors le rapport de transformation m tel que

$$m = \frac{e_2}{e_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Puissances

Rappel: puissance apparente en monophasé: $S = U * I$

Donc au primaire: $S_1 = U_1 * I_1$ et au secondaire $S_2 = U_2 * I_2$

Relation primaire/secondaire: $U_2 = mU_1$

Si on multiplie par I_2 : $U_2 I_2 = m U_1 I_2$

Or $m = \frac{I_1}{I_2}$ donc $U_2 I_2 = \frac{I_1}{I_2} U_1 I_2 = I_1 U_1$ Donc $S_1 = S_2$

Pertes :

Il y a 2 types de pertes, les pertes « fer » et les pertes « Joules » (en charge).

- Les pertes à vide (ou *pertes "fer"*) se produisent au sein du noyau ferromagnétique. Elles sont constantes quel que soit le régime de charge du transformateur, c'est-à-dire quelle que soit la consommation de l'élément (charge) qui y est raccordé. Pour les déterminer on fait un essai à vide (transformateur avec secondaire non relié à la charge). On mesure la puissance consommée P_{10} : $P_{10} = P_{\text{fer}}$
- Les pertes joules en charge (ou pertes "en court-circuit" ou pertes "cuivre") sont, elles, dues à l'effet Joule (pertes par échauffement des conducteurs), augmentées des pertes additionnelles (pertes supplémentaires occasionnées par les courants parasites dans les enroulements et pièces de construction). Elles varient avec le carré du courant ou de la puissance débitée (si la tension reste constante). Pour les déterminer on fait un essai en court-circuit car il faut que le courant soit élevé et les pertes « fer » très faibles en comparaison, donc que les enroulements soient soumis à une faible tension. La mise en court-circuit du transformateur avec une alimentation en tension réduite permet de réaliser ces deux conditions. Les pertes du transformateur sont alors quasiment égales aux pertes par effet Joule.

Remarque : il existe aussi des transformateurs triphasé.

2. Les gradateurs : conversion alternatif/alternatif (~ vers ~)

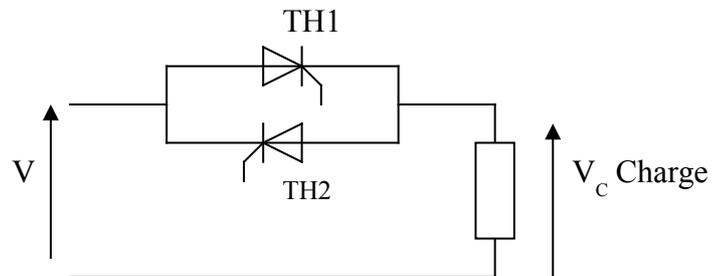
Le gradateur est un convertisseur qui permet, à partir d'une tension alternative, d'obtenir une tension alternative réglable en *valeur efficace* (la fréquence ne change pas) !

Les gradateurs sont des éléments qui permettent de moduler l'énergie d'une source alternative.

Principe de la conversion:



Schéma de principe d'un gradateur monophasé:



Les 2 thyristors TH1 et TH2 (ou remplacés par un seul triac) permettent de contrôler la tension que l'on applique sur la charge.

Le gradateur permet par exemple de commander le démarrage d'un moteur asynchrone triphasé, de régler la puissance d'un four électrique ou la quantité de lumière d'une lampe à incandescence ou halogène.

Il contient aussi un circuit électronique de commande du triac ou des thyristors (que nous n'étudierons pas).



Gradateurs 2,5A pour lampe halogène



Gradateurs modulaire 16A utilisé en variation de lumière



Gradateurs triphasé 50A pour four industriel

UTILISATION EN VARIATION D'ANGLE (découpage de phase) :

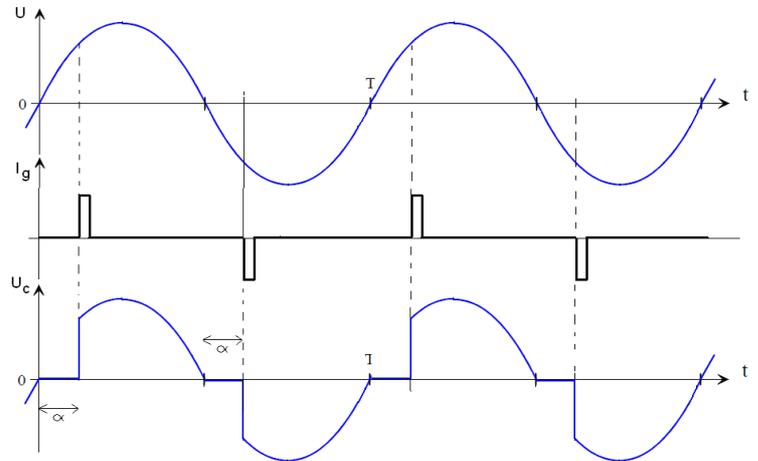
Principe : on va envoyer « périodiquement » des impulsions de commande sur le triac pour faire conduire celui-ci et obtenir des « morceaux » de la sinusoïde de la tension de départ (U).

La valeur efficace obtenue est alors plus faible que la valeur efficace du signal de départ.

α est appelé « retard à l'amorçage ». Il s'agit de l'angle (en radians) entre la tension d'origine et celle réellement présente sur la charge.

La formule de la « nouvelle tension efficace » est :

$$V_c = V_{\text{eff}} \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \quad (\text{avec } \alpha \text{ en radians})$$



UTILISATION EN TRAIN D'ONDE :

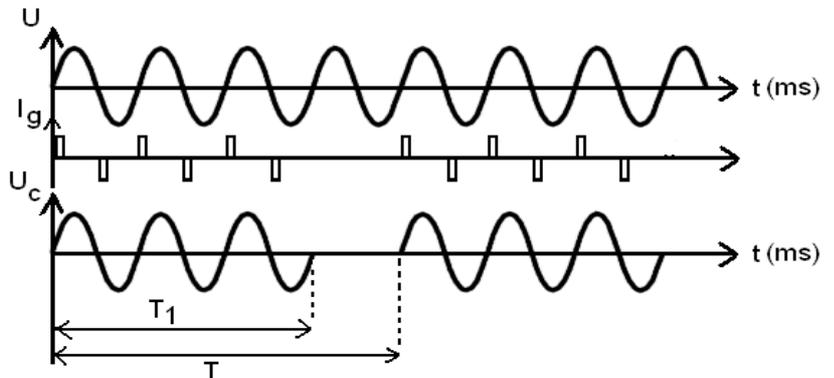
Principe : on laisse passer un certain nombre de sinusoïdes complètes puis on en stoppe quelques unes puis on en laisse passer à nouveau toujours selon le même rythme (fonctionnement périodique).

L'exemple ci-contre laisse le signal passer les $\frac{3}{4}$ du temps :

La période de fonctionnement est T. (ici 4 sinusoïdes)

Le **rapport cyclique α (alpha)** désigne, pour un phénomène périodique, le ratio entre la durée du phénomène et la période

du phénomène : $\alpha = \frac{T_1}{T} = \text{ici à } \frac{3}{4}$.

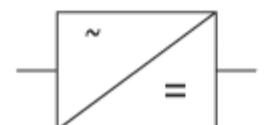


La puissance fournie à la charge est : $\mathbf{P = \alpha \times P_{\text{max}}}$ (P_{max} = puissance fournie sans le gradateur ou avec $\alpha=0$)

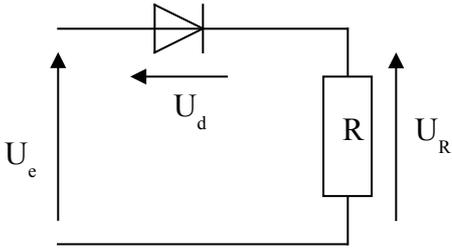
3. Les redresseurs : conversion alternatif vers continu (~ vers -)

Une des principales applications de la diode est le redressement de la tension alternative pour faire des générateurs de tension continue destinés à alimenter les montages électroniques, les moteurs à courant continu (MCC),

Ces montages redresseurs transforment donc de l'alternatif en continu.

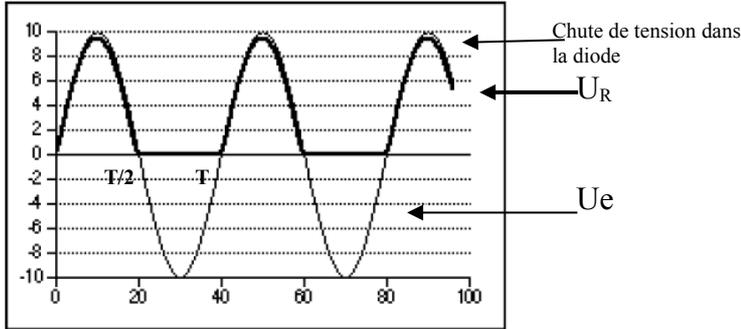


Redressement simple alternance :



$$U_e = \hat{U} \sin 312t$$

Donc $F=50\text{Hz}$



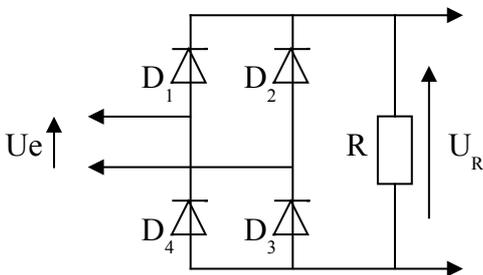
D conduit de 0 à T/2 car $U_e > 0$

D est bloquée de T/2 à T car $U_e < 0$

Valeur moyenne :

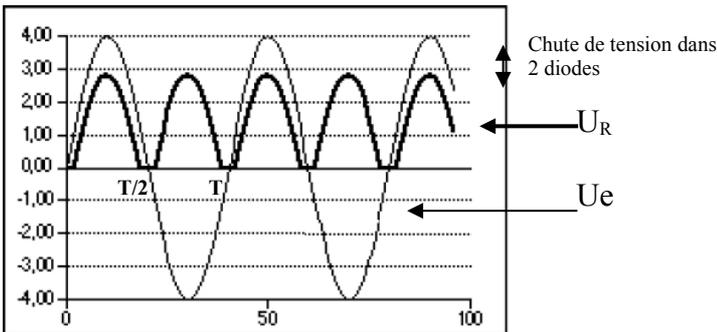
$$\langle U \rangle = \frac{\hat{U}}{\Pi}$$

Redressement double alternance :



Nom du montage :

Pont de Graetz



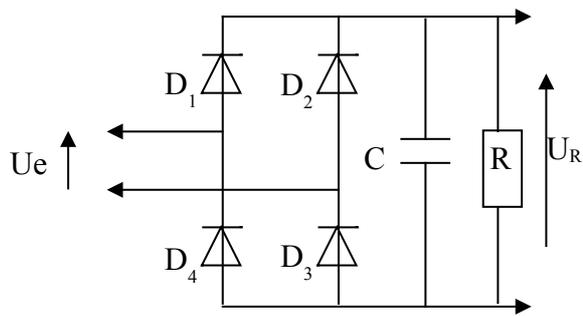
Lorsque U_e est > 0 (entre 0 et T/2), les diodes D_1 et D_3 conduisent

Lorsque U_e est < 0 (entre T/2 et T), les diodes D_2 et D_4 conduisent

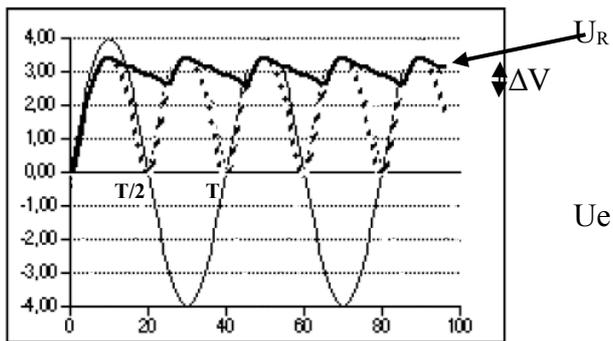
Valeur moyenne :

$$\bar{U} = \frac{2\hat{U}}{\Pi}$$

A travers ces deux montages on voit que le résultat est loin d'être parfaitement continu. Pour améliorer cela il va falloir soit rajouter un condensateur de filtrage, en parallèle, (**la tension sera alors presque continue**) soit ajouter une bobine en série et **le courant sera alors presque continu**.



$F = 50\text{Hz}$

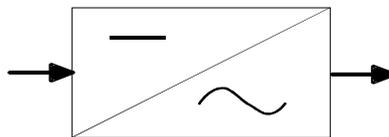


Remarque : plus la valeur du condensateur sera grande, plus le signal sera proche du continu

4. Les onduleurs : conversion continu vers alternatif (– vers ~)

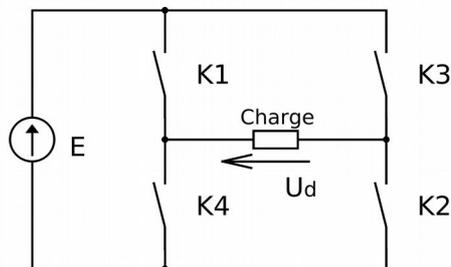
On appelle onduleur un convertisseur statique qui transforme une tension continue en tension alternative généralement sinusoïdale.

On le représente ainsi:



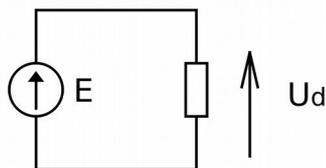
Principe général de fonctionnement

Pour réaliser un onduleur autonome, il suffit de disposer d'interrupteurs et d'une source de tension continue E comme le montre la figure suivante :



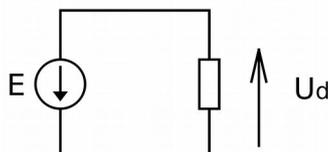
Lorsque K1 et K2 fermés on obtient :

Donc : $U_d(t) = E$

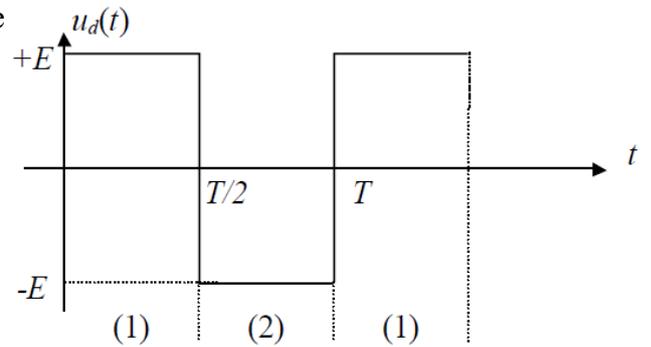


Lorsque K3 et K4 fermés on obtient:

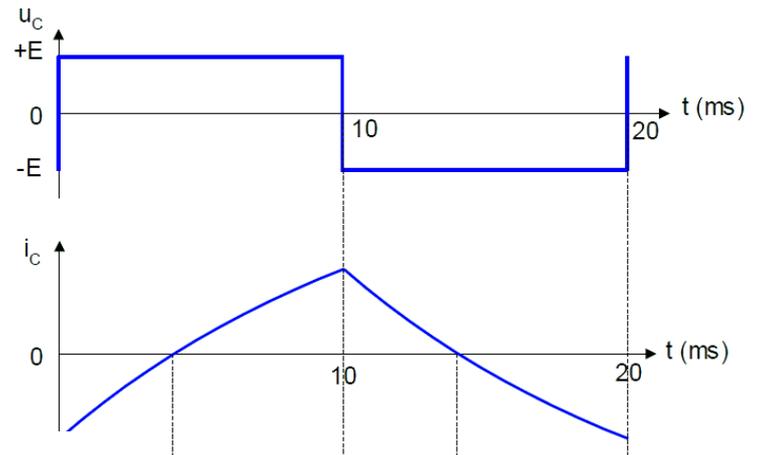
Donc : $U_d(t) = - E$



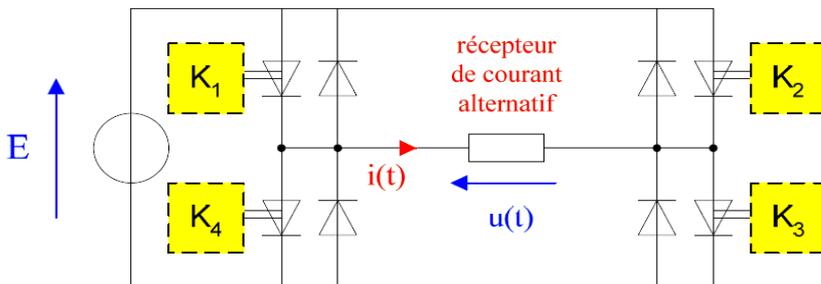
On obtient donc la forme de $U_d(t)$ sur une période complète de fonctionnement :



Si la charge est inductive (bobine), le signal (courant) commence à ressembler à du sinusoïdal :



Exemple d'onduleur :



Onduleur MLI

Les onduleurs à Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI ou PWM : Pulse Width Modulation) sont utilisés principalement pour la commande des moteurs asynchrones.

Principe : un programme commande l'envoi d'impulsions de largeur variable ce qui va créer un courant sinusoïdal dans la charge (les bobines du moteur).

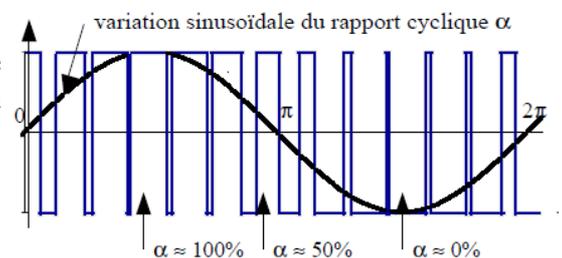
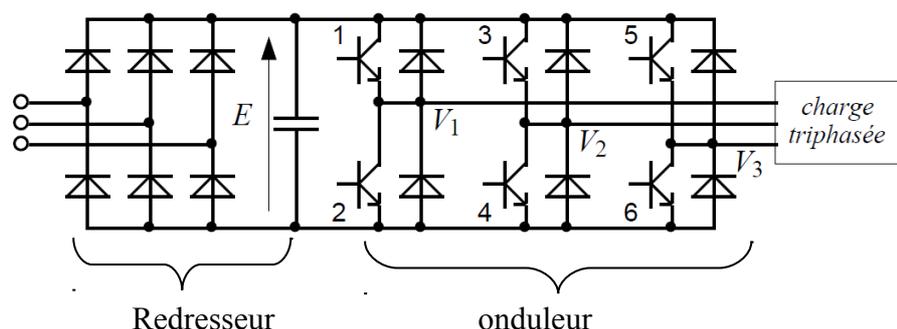


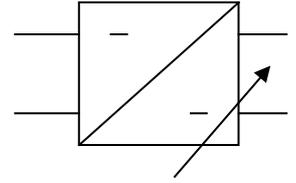
Schéma d'un variateur de vitesse de moteur triphasé asynchrone:



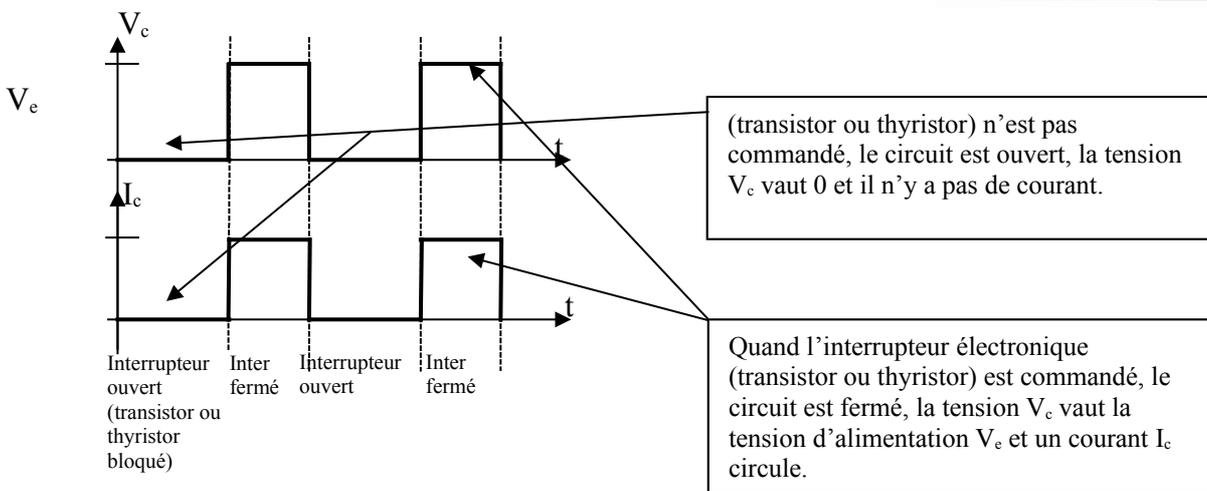
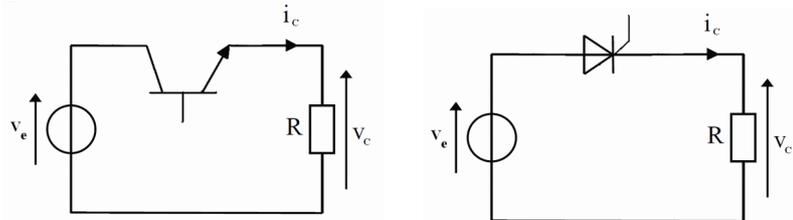
5. Les hacheurs : conversion continu/continu (- vers -)

Le hacheur est un convertisseur qui permet, à partir d'une tension continue fixe, d'obtenir une tension continue réglable.

Il permet par exemple de commander la vitesse d'un moteur à courant continu. Il est composé d'un ou plusieurs « interrupteurs électroniques » (transistors ou thyristors)



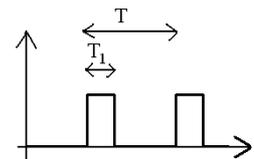
Exemple : le hacheur série sur charge résistive :



Définitions

Si le **rapport cyclique** α désigne le ratio de la durée du phénomène sur la période du phénomène :

$$\alpha = \frac{T_1}{T}$$

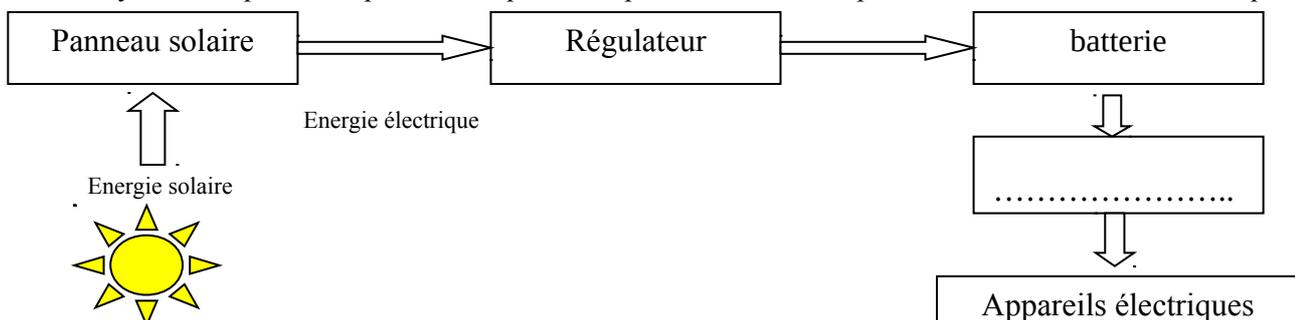


Alors la valeur moyenne du signal en sortie du hacheur série est : $V_{moy} = \overline{V_c} = \alpha \times V_e$

6. Exercices

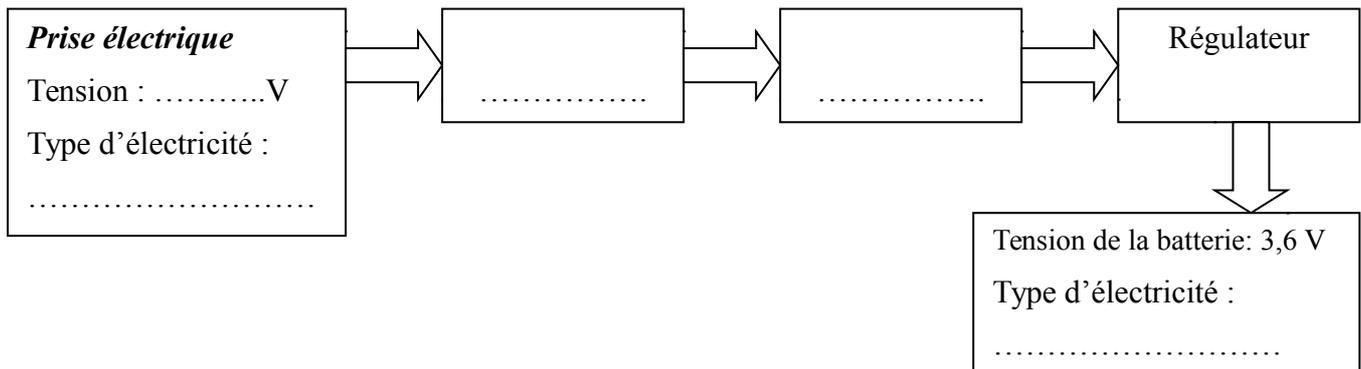
Exercice 1: généralités

Soit un système de panneaux photovoltaïques. Compléter le cadre vide par le nom du convertisseur manquant:



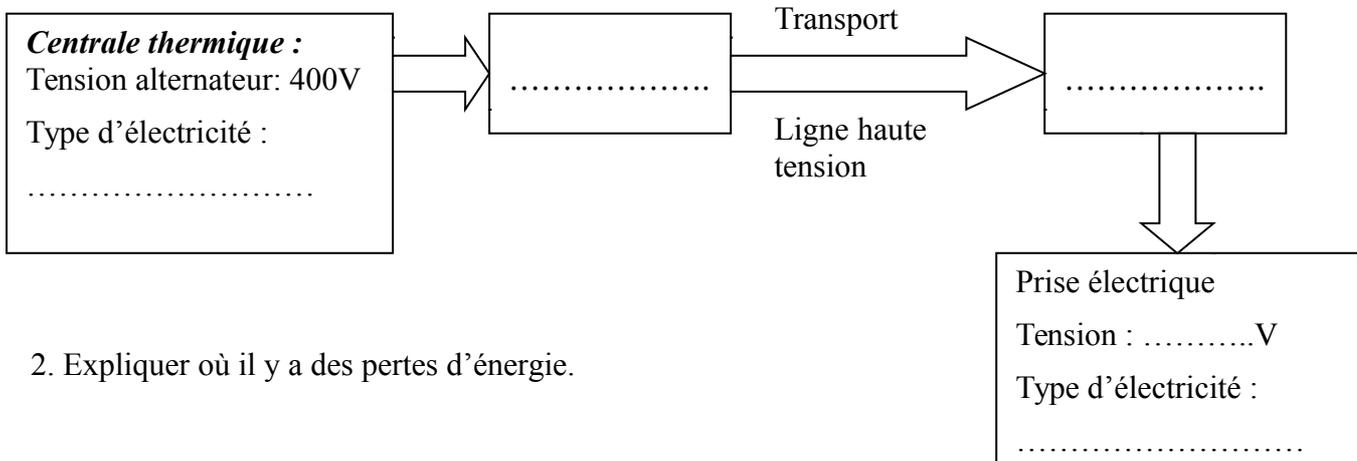
Exercice 2: généralités

Compléter le synoptique d'un chargeur de téléphone portable :



Exercice 3: généralités

1. Compléter le synoptique du transport de l'électricité (convertisseurs)



2. Expliquer où il y a des pertes d'énergie.

Exercice 4: transformateur

Soit un transformateur monophasé $S=100\text{VA}$, $230\text{V}/24\text{V}$, branché sur une charge. On mesure $I_2=1,3\text{A}$.

1. Calculer le rapport de transformation du transformateur
2. Calculer les courants nominaux (max) primaire (I_{1N}) et secondaire (I_{2N}) du transformateur.
3. Comparer I_{2N} au courant I_2 consommé par la charge. Que peut-on conclure ?

Exercice 5: transformateur

Un transformateur abaisseur de tension $230\text{V} / 12\text{V}$ alimente une lampe halogène $12\text{V} - 1,8\text{A}$. En supposant que le transformateur fonctionne dans les conditions nominales (max), calculez :

1. le rapport de transformation
2. l'intensité efficace du courant dans l'enroulement primaire lorsque la lampe est allumée.
3. la puissance électrique transmise au circuit électrique du secondaire.

Exercice 6: Hacheur

On dispose d'une alimentation continue de 12V . On cherche à obtenir une tension moyenne de 6V .

1. Calculer la valeur du rapport cyclique.
 2. Tracer la courbe de la tension fournie par le hacheur (fréquence de découpage du hacheur = 25Hz)
- On veut maintenant obtenir une tension moyenne de $2,4\text{V}$.
3. Calculer la valeur du rapport cyclique.
 4. Tracer la courbe de la tension fournie par le hacheur (fréquence de découpage du hacheur = 25Hz)