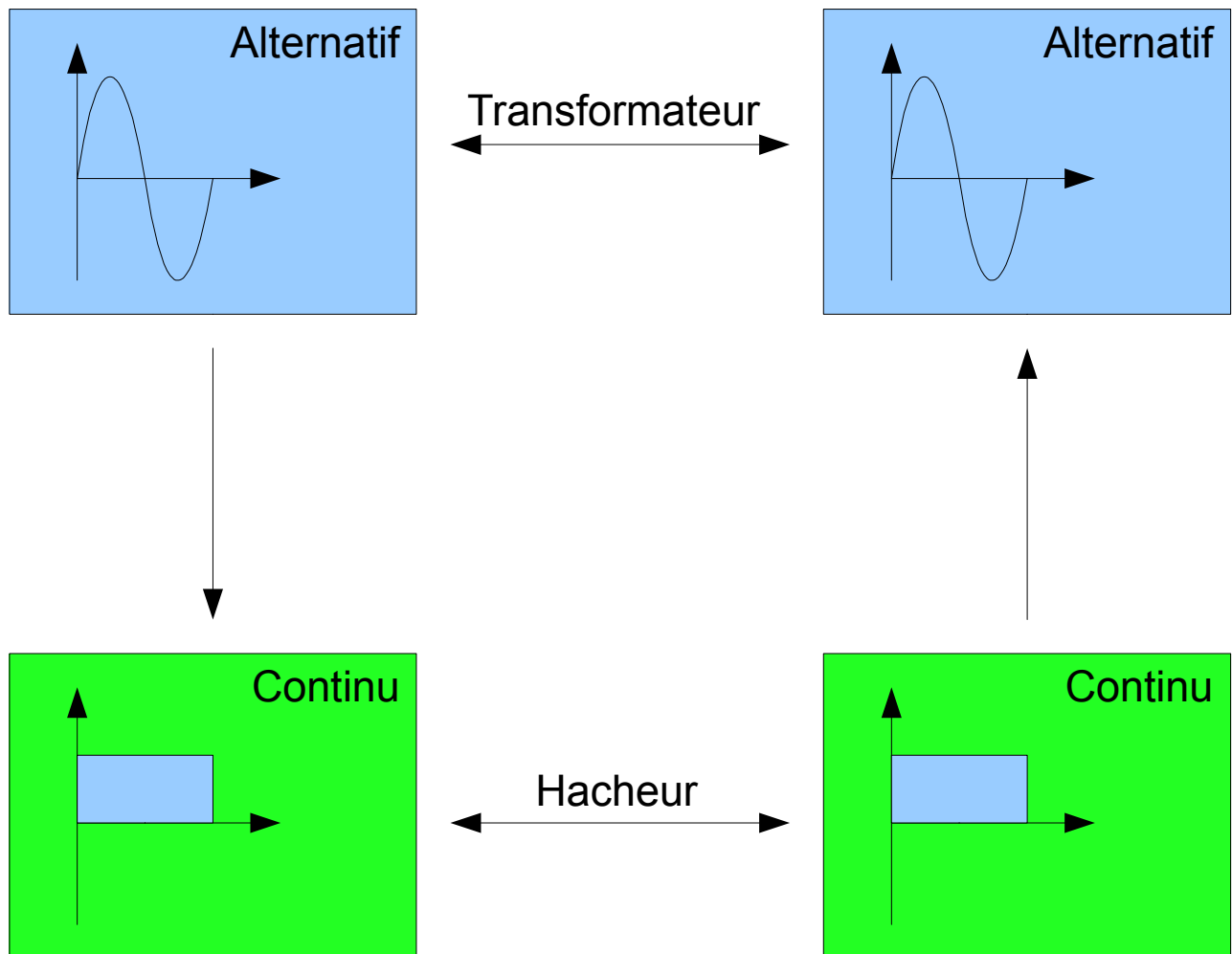


Modulation d'énergie

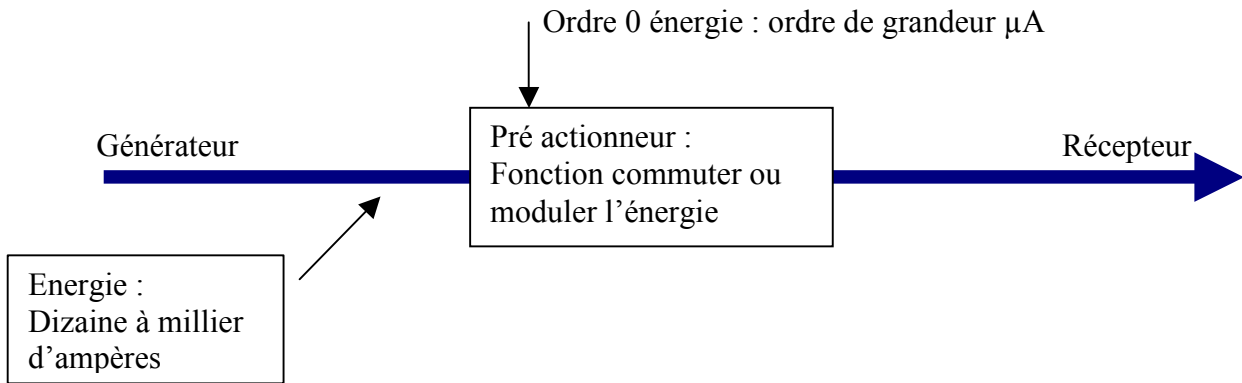
But : Adapter les grandeurs d'entrées du récepteur avec les grandeurs de sortie du générateur.



Nous trouvons donc un certain nombre d'appareil électronique ou électrotechnique

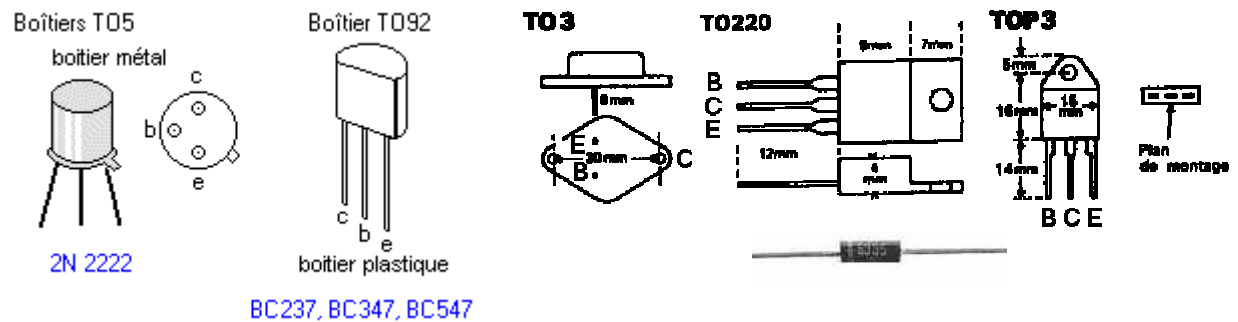
- Transformateur
- Redresseur
- Onduleur
- Hacheur
- Alimentation continue
- Alimentation à découpage

Fonction commuter l'énergie : Les interrupteurs électroniques



Deux types commandes : en courant & en tension

Format

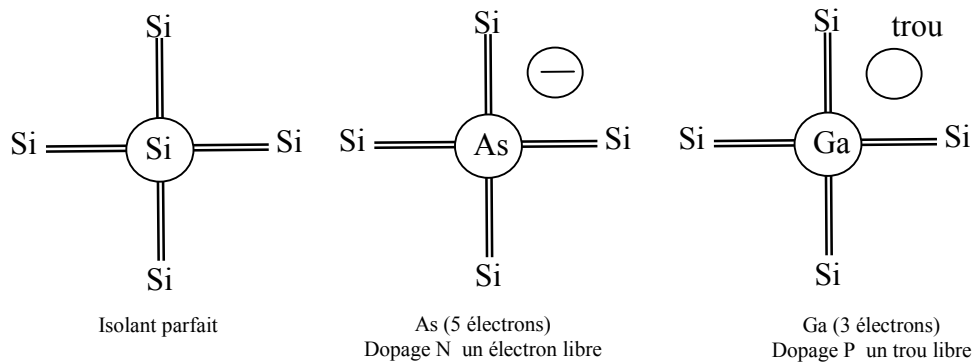


Exemple de symboles : il existe une multitude d'interrupteur électrique.

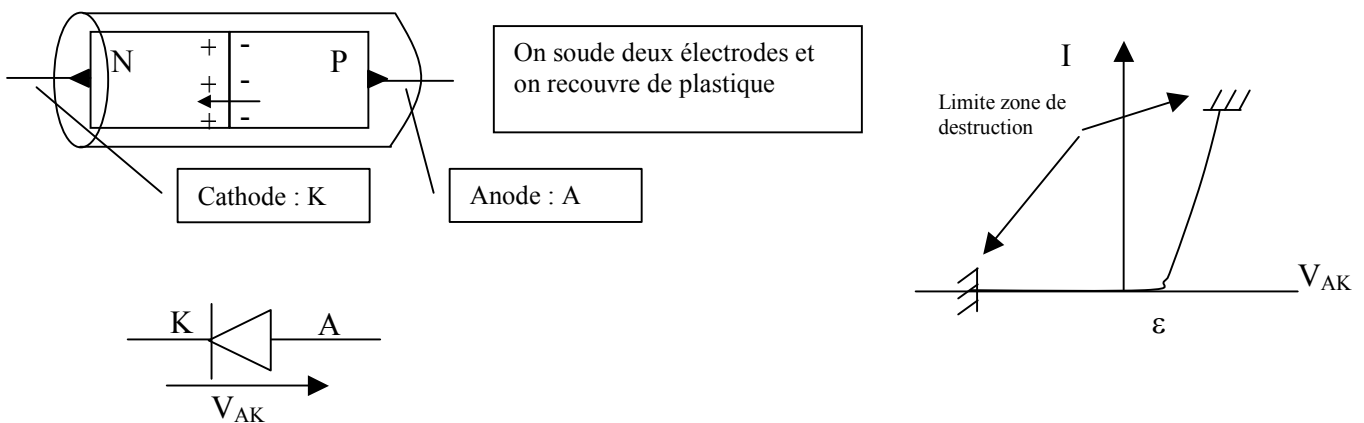
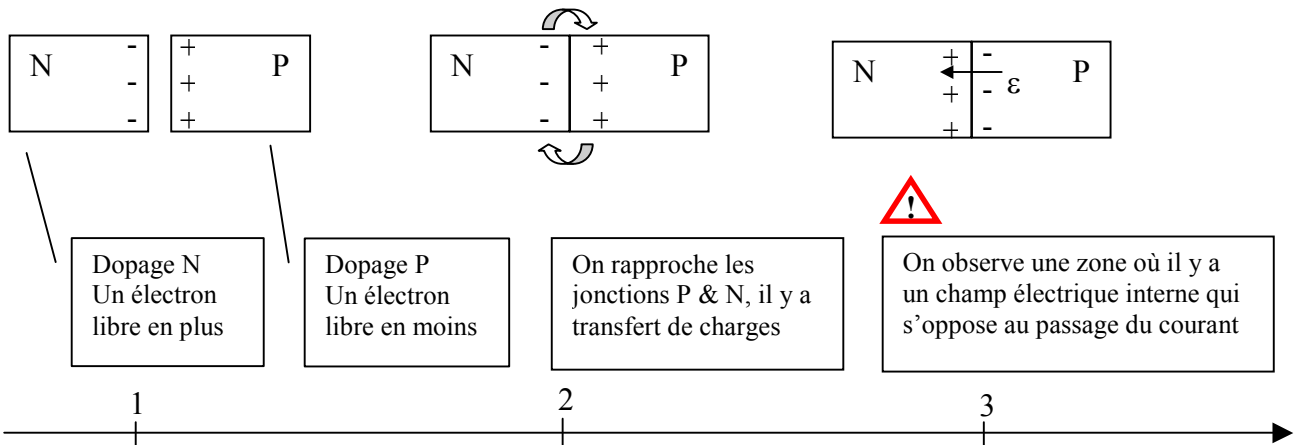
| | | |
|-----------|----------------|--------------|
| Bipolaire | Effet de champ | Hybride IGBT |
| | | |
| Diode | Thyristor | Triac |
| | | |

1 - La diode

On crée une jonction P ou N



On rapproche les jonctions pour créer une jonction PN

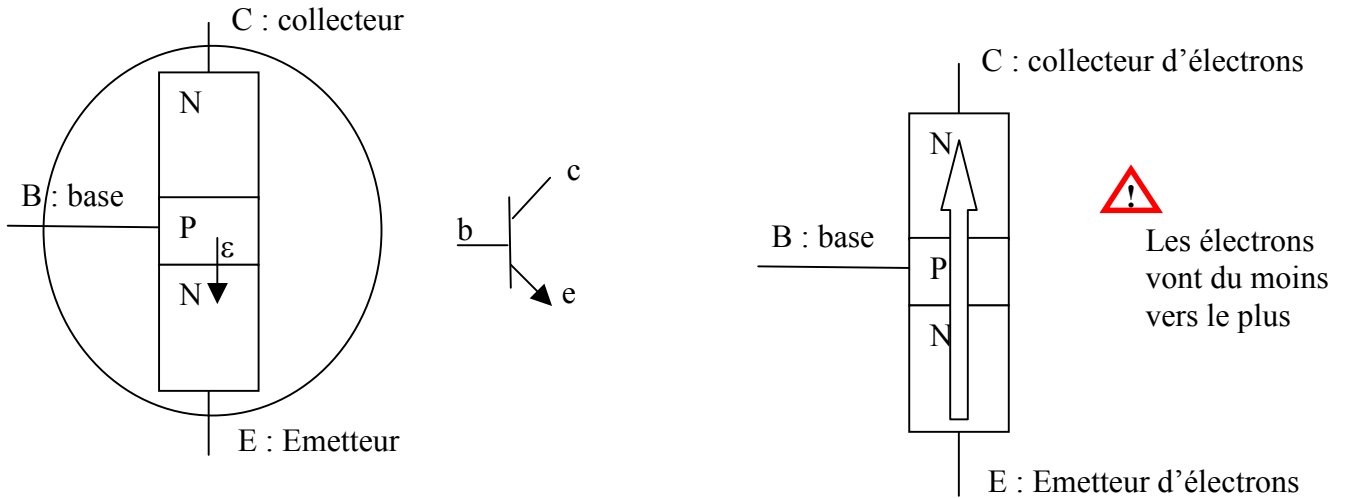


Si la tension V_{AK} est supérieure à de l'ordre de 0.6V, le champ électrique ϵ est annulé le courant peut passer

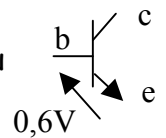
Si la tension V_{AK} est inférieure à 0, le champ électrique ϵ est augmenté, le courant peut encore moins passer.

2 - Le transistor Bipolaire :

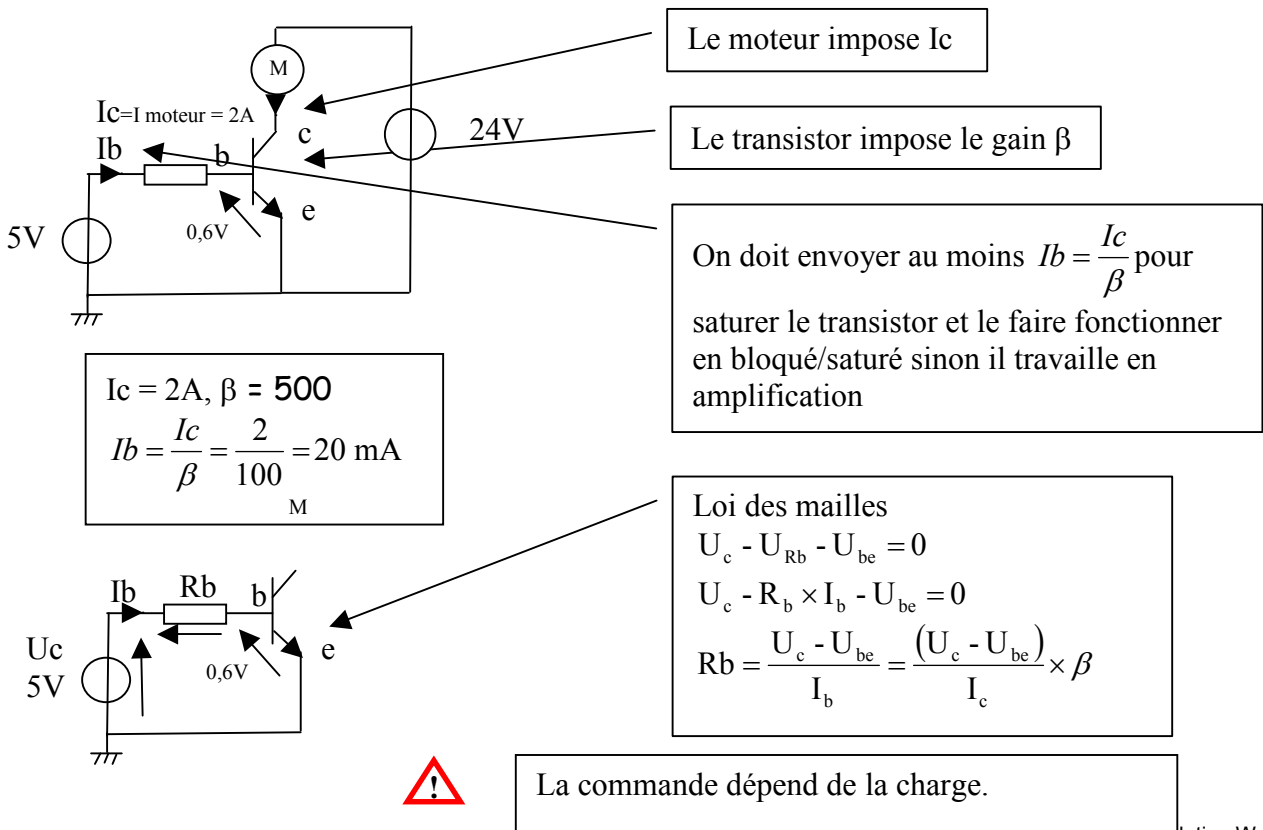
Même principe mais avec 3 jonctions NPN ou PNP, le plus simple NPN



- Si l'on annule le champ électrique ϵ , les électrons peuvent passer de l'émetteur vers le collecteur.
- Un effet d'amplification apparaît : $I_c = \beta \times I_b$ avec β gain dépendant du transistor (10 à 500).
- Pour annuler le champ il faut comme pour la diode appliquer une tension d'environ 0,6V aux bornes de B et E.



Montage de base : On veut commander un moteur consommant 2A sous 24V à partir du port parallèle 5V, 50mA maxi

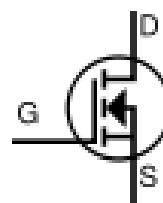
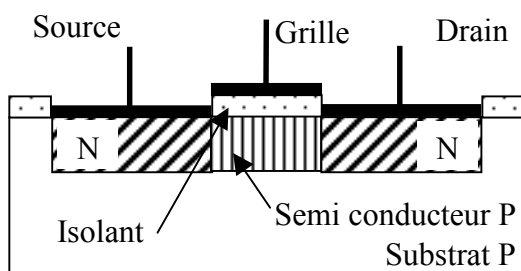


3 - Le Transistor à effet de Champ :

- FET : Field Effect Transistor
- MOSFET : Metal Oxyde Semiconductor Field Effect Transistor

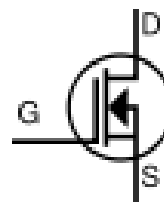
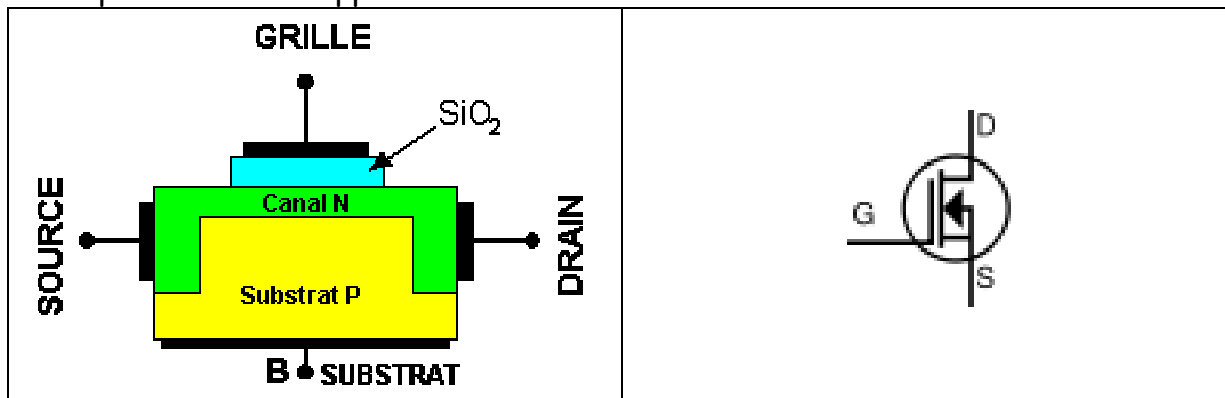
Il existe 4 structures : Canal N ou P, appauvrissement (*Depletion*) D-MOSFET ou enrichissement (*Enhancement*) E-MOSFET

Exemple : Canal N à enrichissement



- La structure Grille isolant Semi conducteur est assimilable à un condensateur, c'est une commande en tension indépendante de la charge.
- Si on applique une tension V_{GS} entre la grille et la source, on augmente les charges libres dans le semi-conducteur qui sont repoussées de la jonction semi-conducteur/oxyde, créant tout d'abord une zone dite de "déplétion". Puis lorsque la différence de potentiel est suffisamment grande il apparaît une zone "d'inversion". Cette zone d'inversion est donc une zone où le type de porteurs de charges est opposé à celui du reste du substrat, créant ainsi un "canal" de conduction.

Exemple : Canal N à appauvrissement

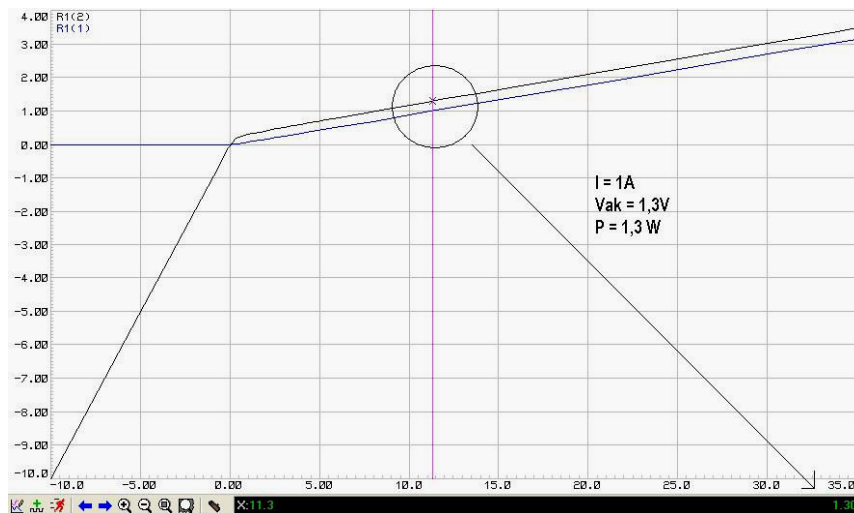


Ici sans tension de commande, le transistor conduit (équivalent à un contact NF).

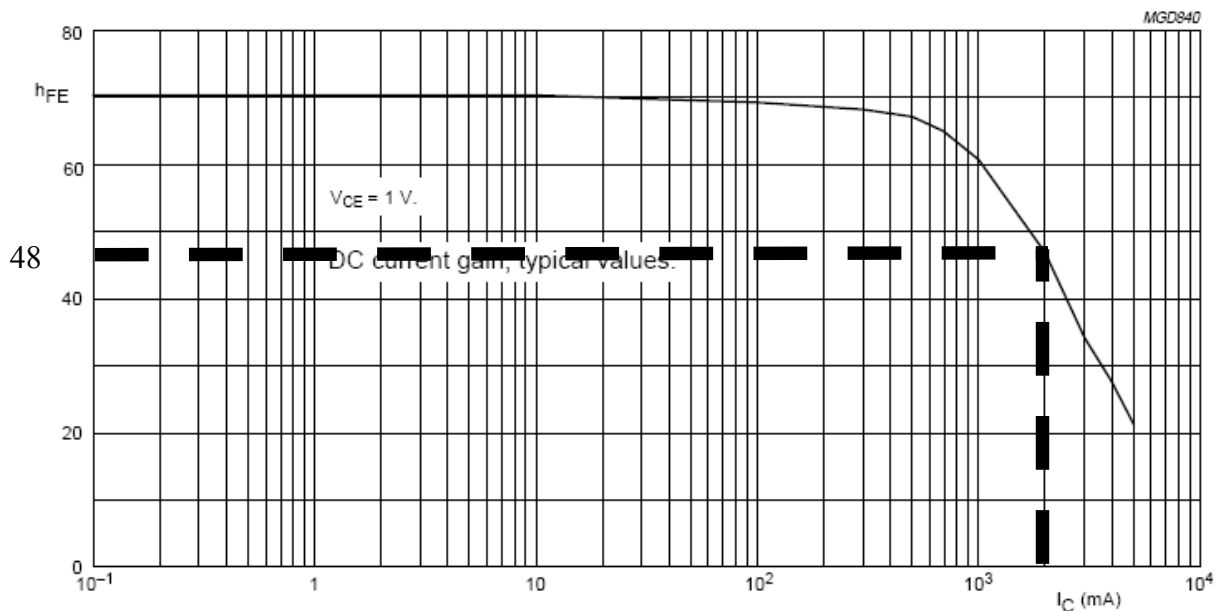
Défauts

- Diode : exemple 1N4001

Lorsque la diode conduit, elle a une chute de tension qui varie en fonction du courant qui la traverse. Ceci produit des pertes joules destructives.



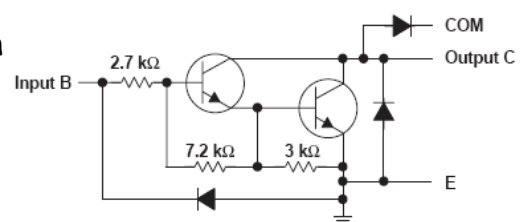
- Transistor bipolaire : β dépend du courant I_c , il s'appelle généralement h_{FE}

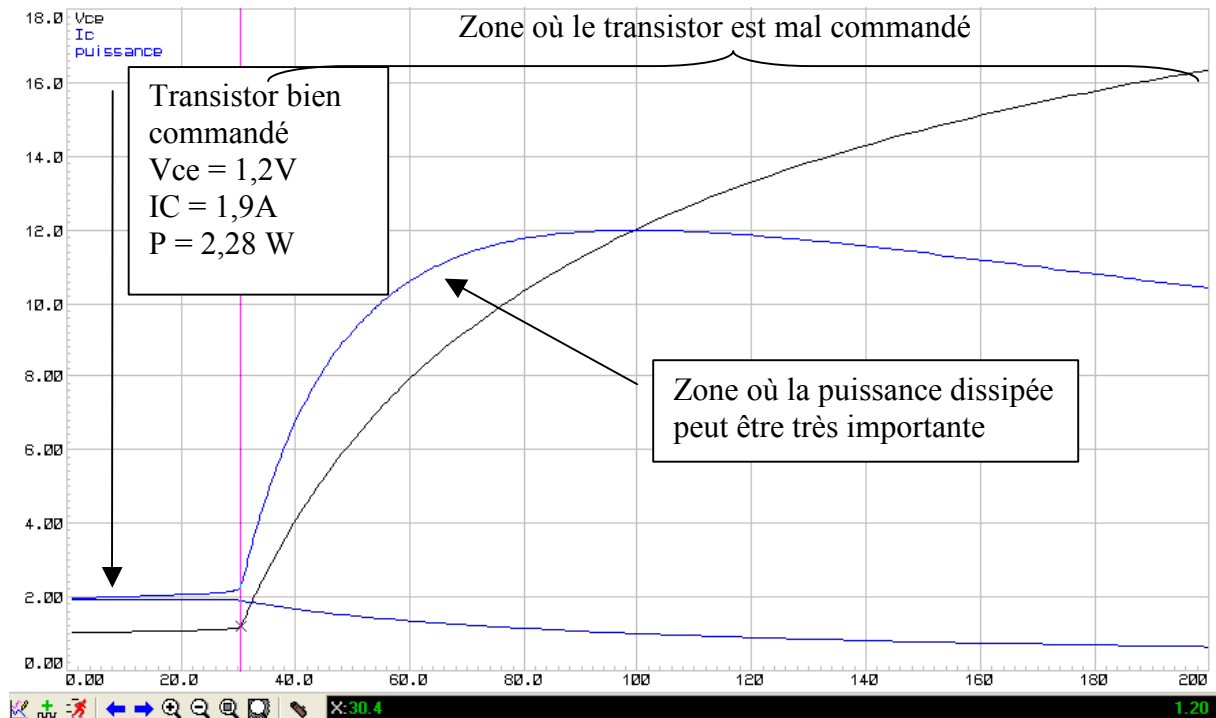


Pour remédier à un faible h_{FE} , on peut utiliser un montage **Darlington**

Un petit transistor avec un grand gain commande un gros transistor de puissance avec un faible gain

Exemple boîtier 8 darlington ULN 2803A



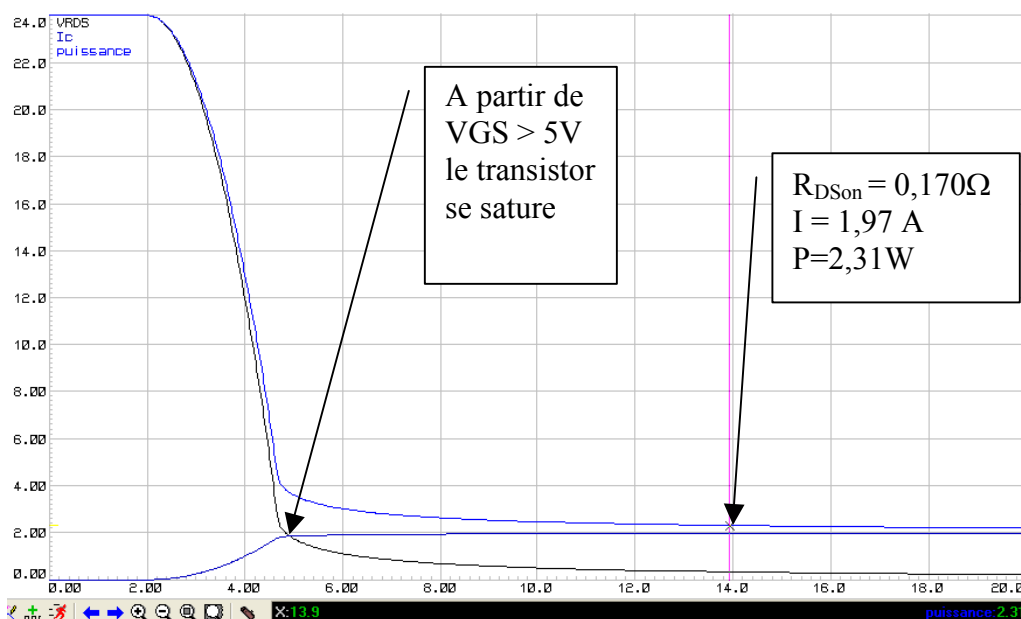


- MOSFET canal N à enrichissement IRF 130

→ L'état passant se caractérise par une résistance faible qui évolue avec le courant.

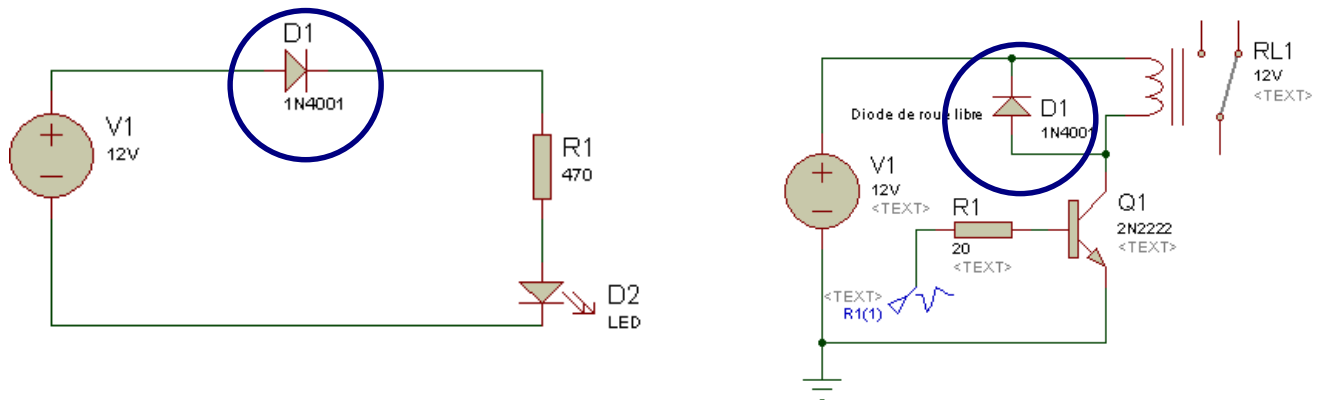
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^{\circ}C$ unless otherwise stated)

| Parameter | Test Conditions | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|----------------------------------|--|--|------|------|------|
| STATIC ELECTRICAL RATINGS | | | | | |
| BV _{DSS} | Drain – Source Breakdown Voltage | V _{GS} = 0 I _D = 1mA | 100 | | V |
| ΔBV _{DSS} | Temperature Coefficient of Breakdown Voltage | Reference to 25°C I _D = 1mA | | 0.13 | V/°C |
| R _{DS(on)} | Static Drain – Source On-State Resistance 1 | V _{GS} = 10V I _D = 9A | | 0.18 | Ω |
| | | V _{GS} = 10V I _D = 14A | | 0.21 | |



Exemples d'applications

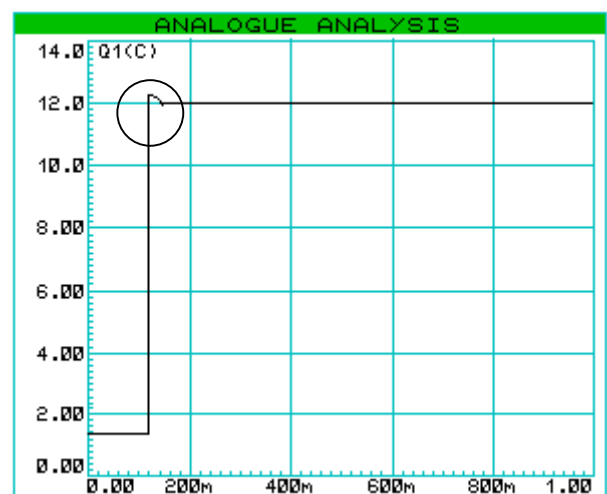
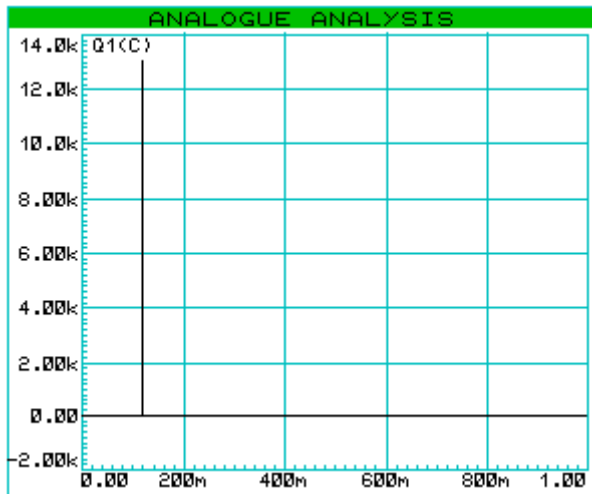
Diode 1 : Empêcher de brancher le plus sur le moins et donc protéger la LED



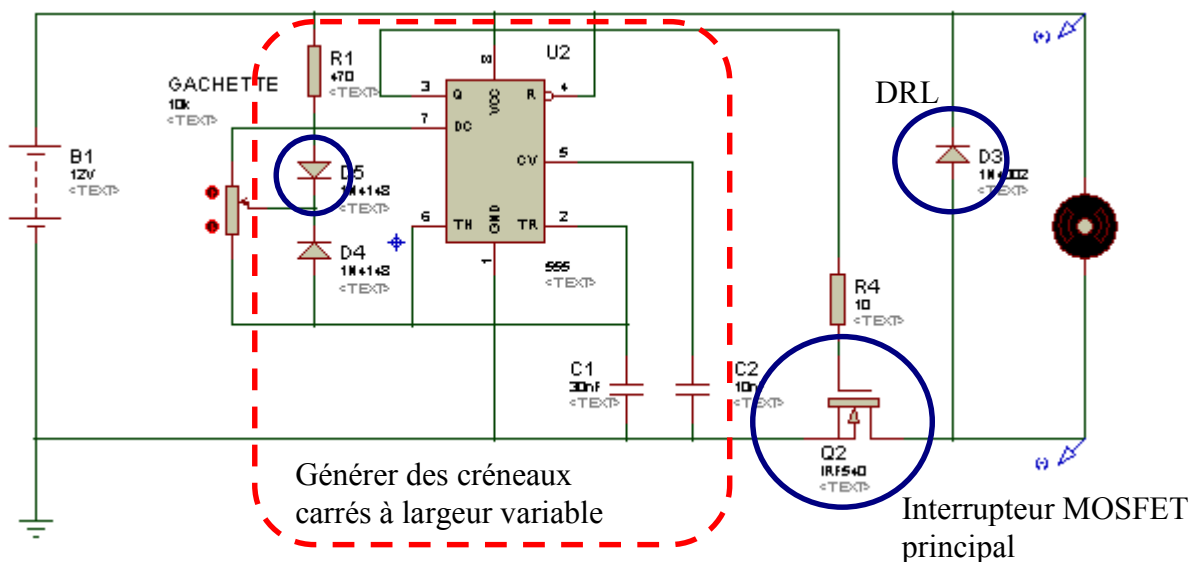
Diode 2 : Décharger l'énergie stocker dans un relais diode de roue libre

Sans diode une surtension de 13KV

Avec diode de roue libre presque rien



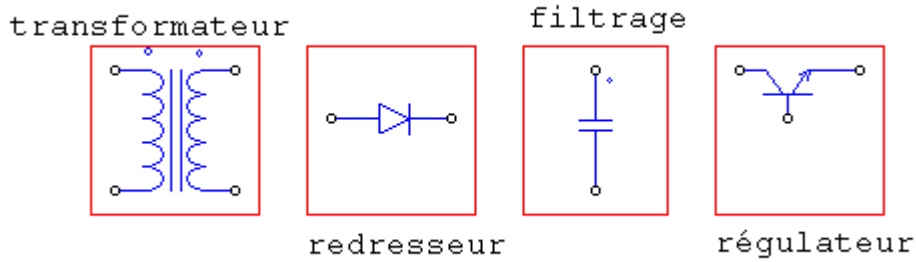
Transistor : Faire varier la vitesse du moteur de l'ISISCOOT : hacheur



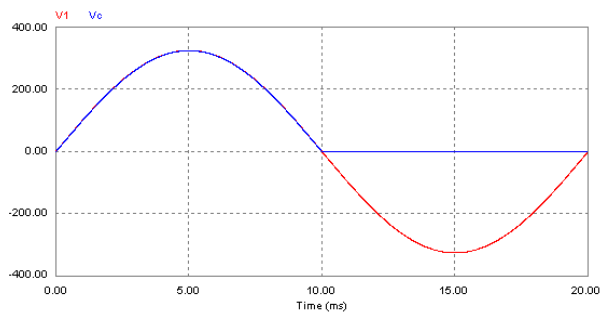
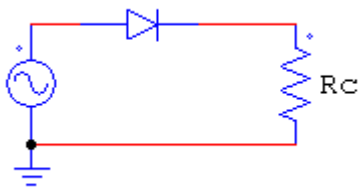
Les redresseurs

But : Permet de transformer une tension alternative en tension continue

Principe :



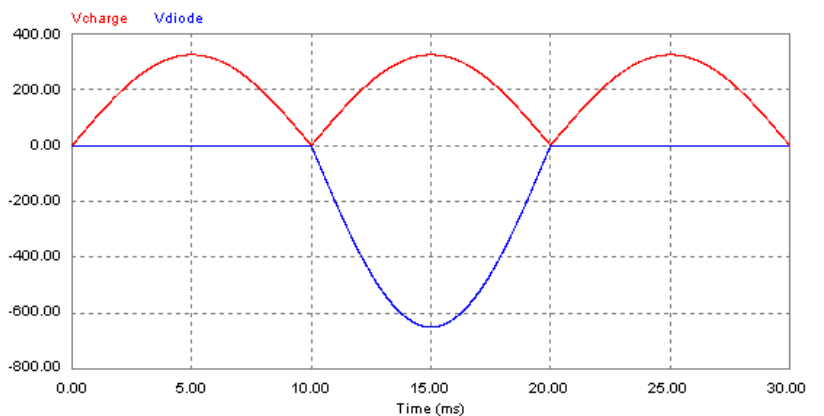
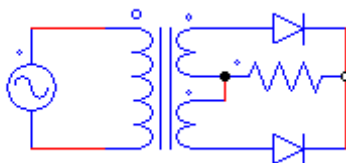
Redressement simple alternance



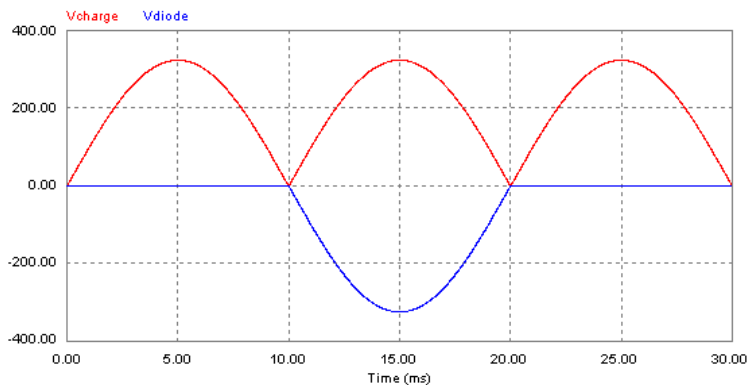
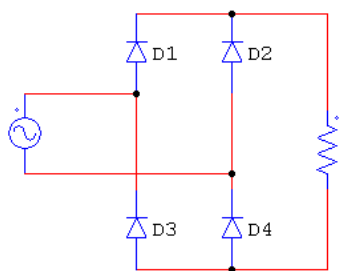
Valeur moyenne

$$\overline{v_c} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \hat{V} \sin \theta \times d\theta = \frac{\hat{V}}{2\pi} \times [-\cos \theta]_0^{\pi} = \frac{\hat{V}}{2\pi} \times (-\cos \pi + \cos 0) = \frac{\hat{V}}{2\pi} \times 2 = \frac{\hat{V}}{\pi}$$

redressement double alternance : P2



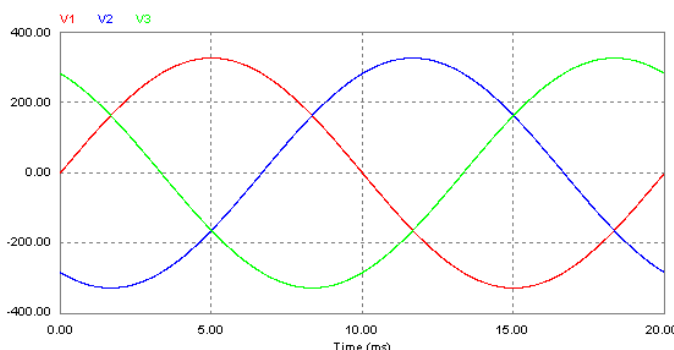
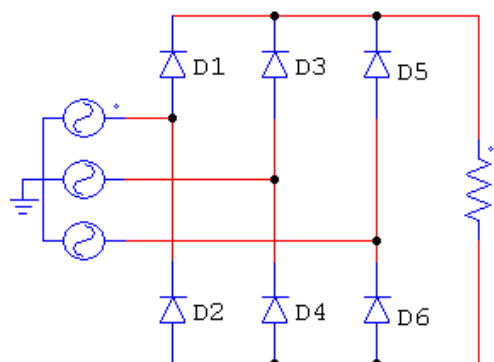
Redresseur parallèle double ou pont de graetz : PD2



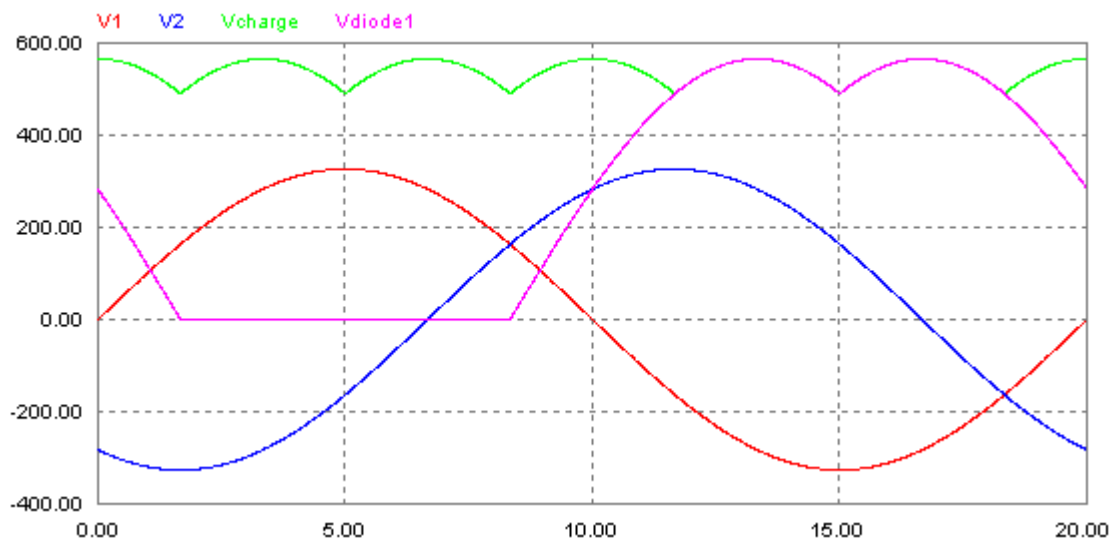
Nota 1 : le courant passe par la diode qui a la ddp sur l'anode la plus élevée et par la diode qui a la ddp la plus basse sur la cathode.

Nota 2 : la tension V_{diode} est $\frac{1}{2}$ fois moins grande que pour le montage P2.

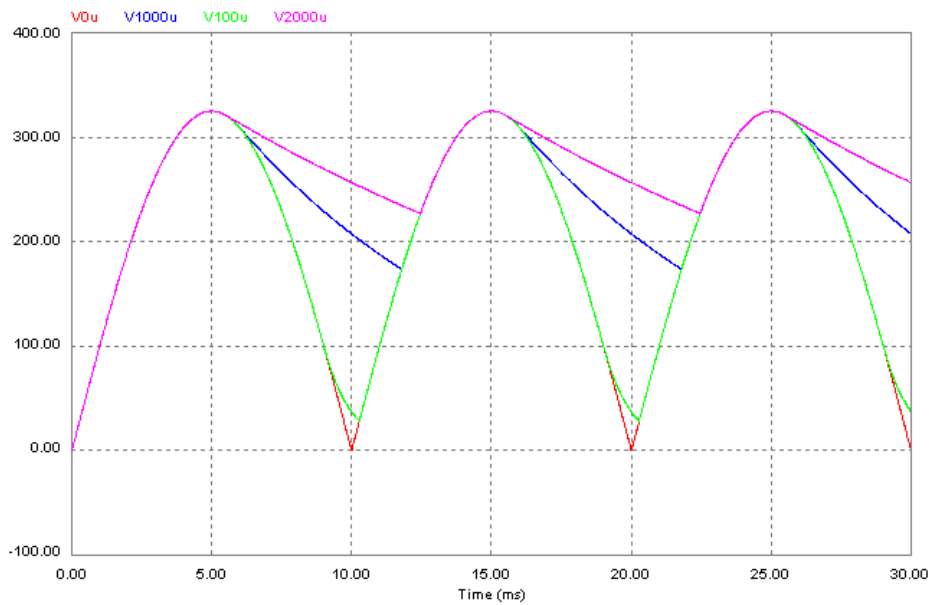
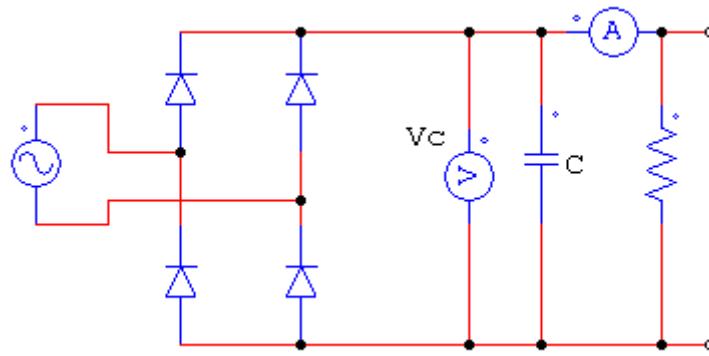
Redresseur parallèle double triphasé : PD3



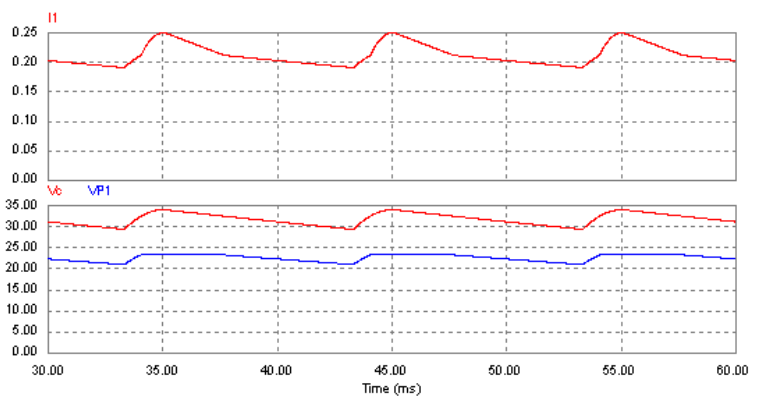
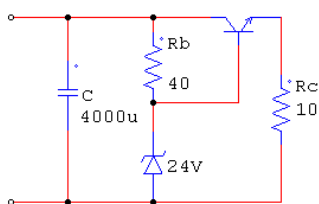
réseau triphasé



Fonction filtrage



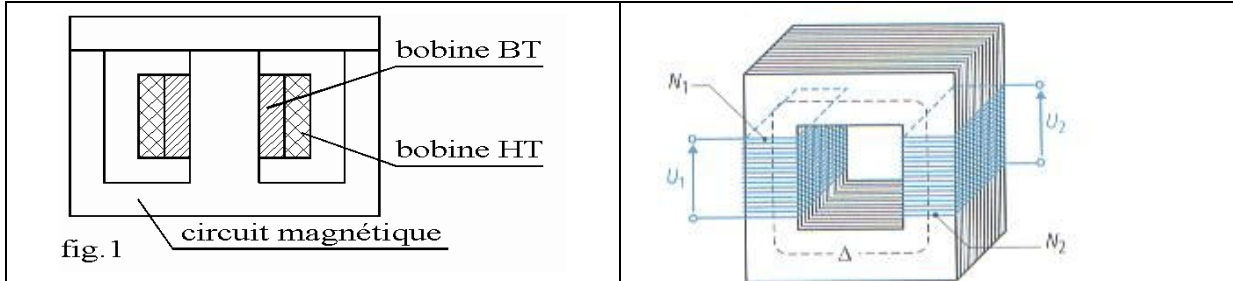
Régulation de tension par ballast



On calcule Rb pour qu'elle soit traversée par 30mA

Transformateur

But : Abaisser ou élever une tension alternative



Principe : un flux magnétique ϕ est créé dans un circuit magnétique feuilleté avec une bobine (primaire) et on le récupère par une autre (secondaire).
Le rapport du nombre de spire modifie la tension.

| | |
|---|--|
| $U = 4,44 \times B_{\max} \times S \times N \times f$ | F : fréquence en hertz B _{max} : induction magnétique en Tesla N : nombre de spires |
| $\phi = B \times S$ | ϕ : Flux magnétique en Weber S : surface en m ² |
| $e(t) = -\frac{d\Phi(t)}{dt} = L \frac{di(t)}{dt}$ | E(t) : Tension induite lors d'une variation de flux |

Rapport de transformation :

$$m = \frac{V_2}{V_1} = \frac{4,44 \times B_{\max} \times S \times N_2 \times f}{4,44 \times B_{\max} \times S \times N_1 \times f} = \frac{N_2}{N_1}$$

Observation : plus la fréquence est haute, plus B_{max} peut être réduit et donc le volume du transformateur

Puissance d'un transformateur parfait :

fig.3

La puissance apparente au primaire est égale à la puissance apparente au secondaire :

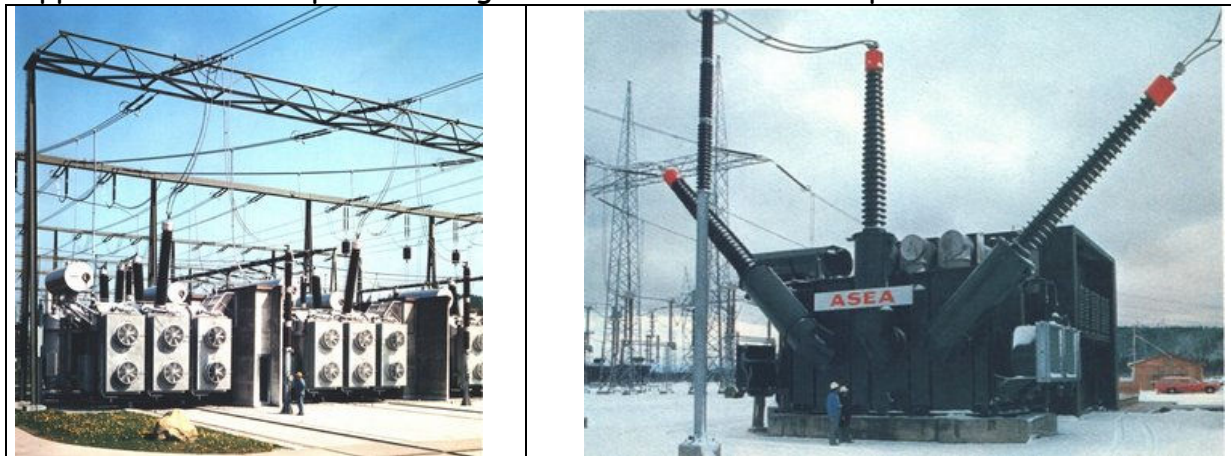
$$S = V_1 \times J_1 = V_2 \times J_2$$

Observation : le courant entre le primaire et le secondaire sont très différents, la section des fils le sera aussi.


Exemples:

| | | |
|---|--|---|
| 230v/ 24v 64VA | enroulement sec 160 KVA | enroulements immergés dans l'huile 160 KVA |
|  |  |  |

Applications : Transport d'énergie entre les centrales de production



Application : pince à souder

| | |
|---|--|
|  | <p>Puissance apparente 5,7KVA Primaire 230V Secondaire 25V / 230 A</p> |
|---|--|

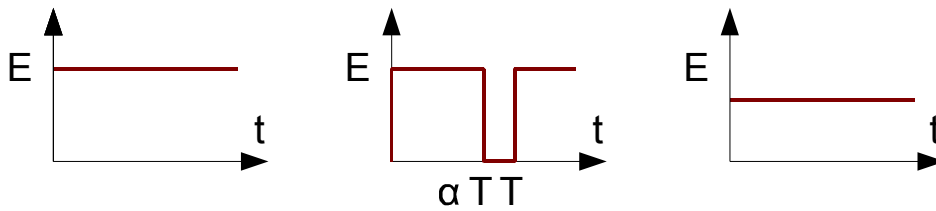
Application : chauffage par induction



Hacheur série ou abaisseur

But : Abaisser une tension continue.

Principe : La valeur moyenne est modifiée en laissant passer plus ou moins longtemps la tension d'entrée. On compte sur l'inertie du récepteur et l'impossibilité de discontinuité du courant pendant le temps où la tension d'entrée n'est pas appliquée.

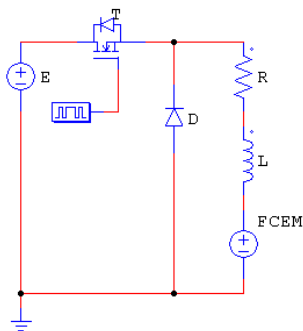


Rapport cyclique : $\alpha = \frac{t_{on}}{T}$, t_{on} temps où le signal est à 1 et T la période du signal.

Valeur moyenne : $\langle V \rangle = \alpha \times E$

$$\langle V \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T E \times dt = \frac{1}{T} \int_0^{\alpha T} E \times dt + \frac{1}{T} \int_{\alpha T}^T 0 \times dt = \frac{1}{T} [E \times t]_0^{\alpha T} = \frac{1}{T} (E \times \alpha T - E \times 0) = \alpha \times E$$

Montage théorique



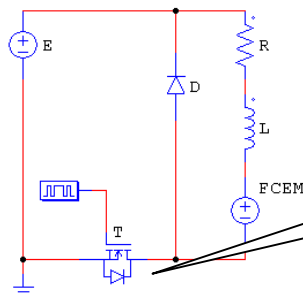
La charge est suffisamment inductive pour que le courant ne s'annule pas

Le transistor T est commandé par un créneau.

Pendant le temps où le transistor est bloqué, le courant passe dans la diode de roue libre D

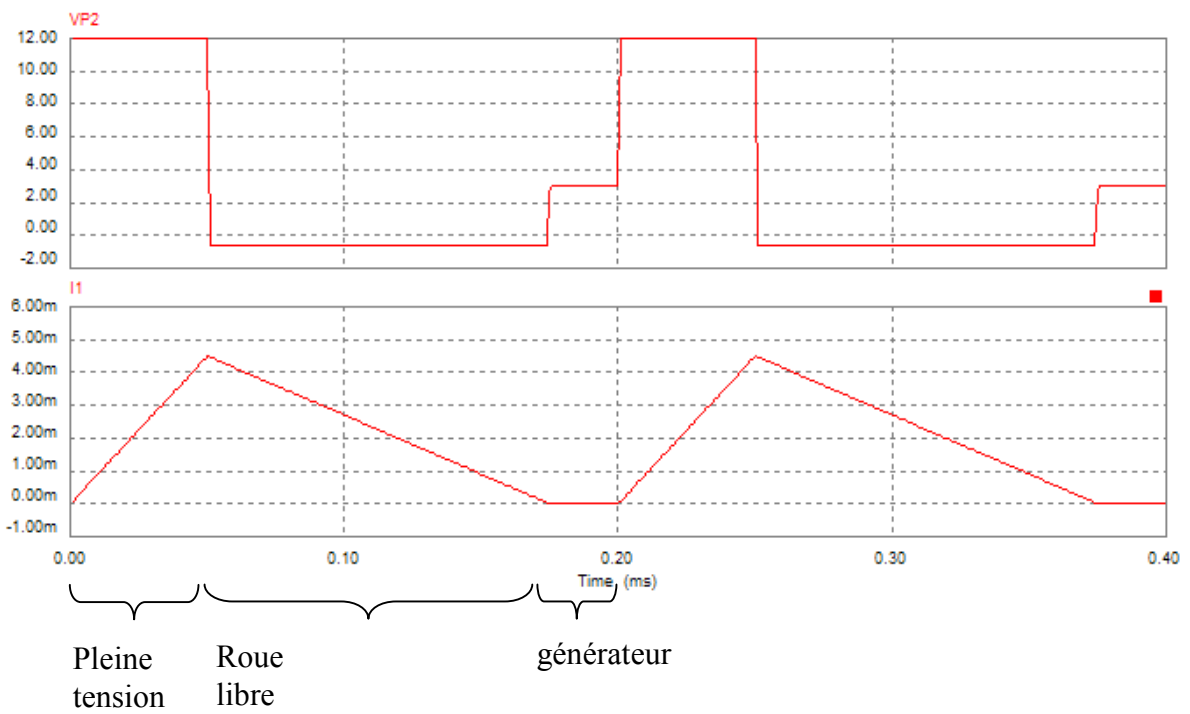
La tension moyenne est égale à αE .

Montage pratique



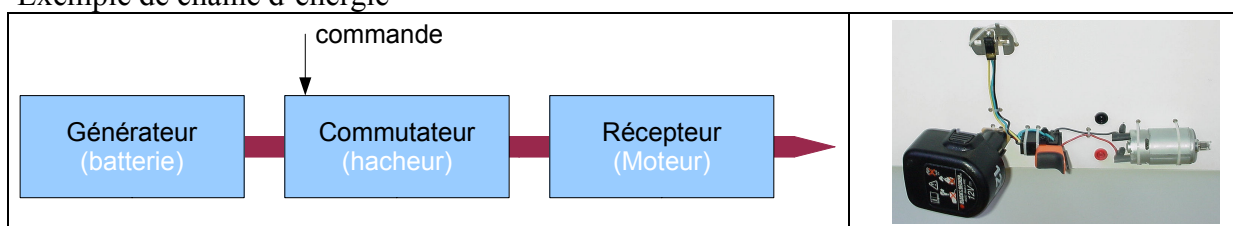
La commande de l'interrupteur placée ici est plus simple car une de ses pattes est à la masse.

Fonctionnement en courant discontinu

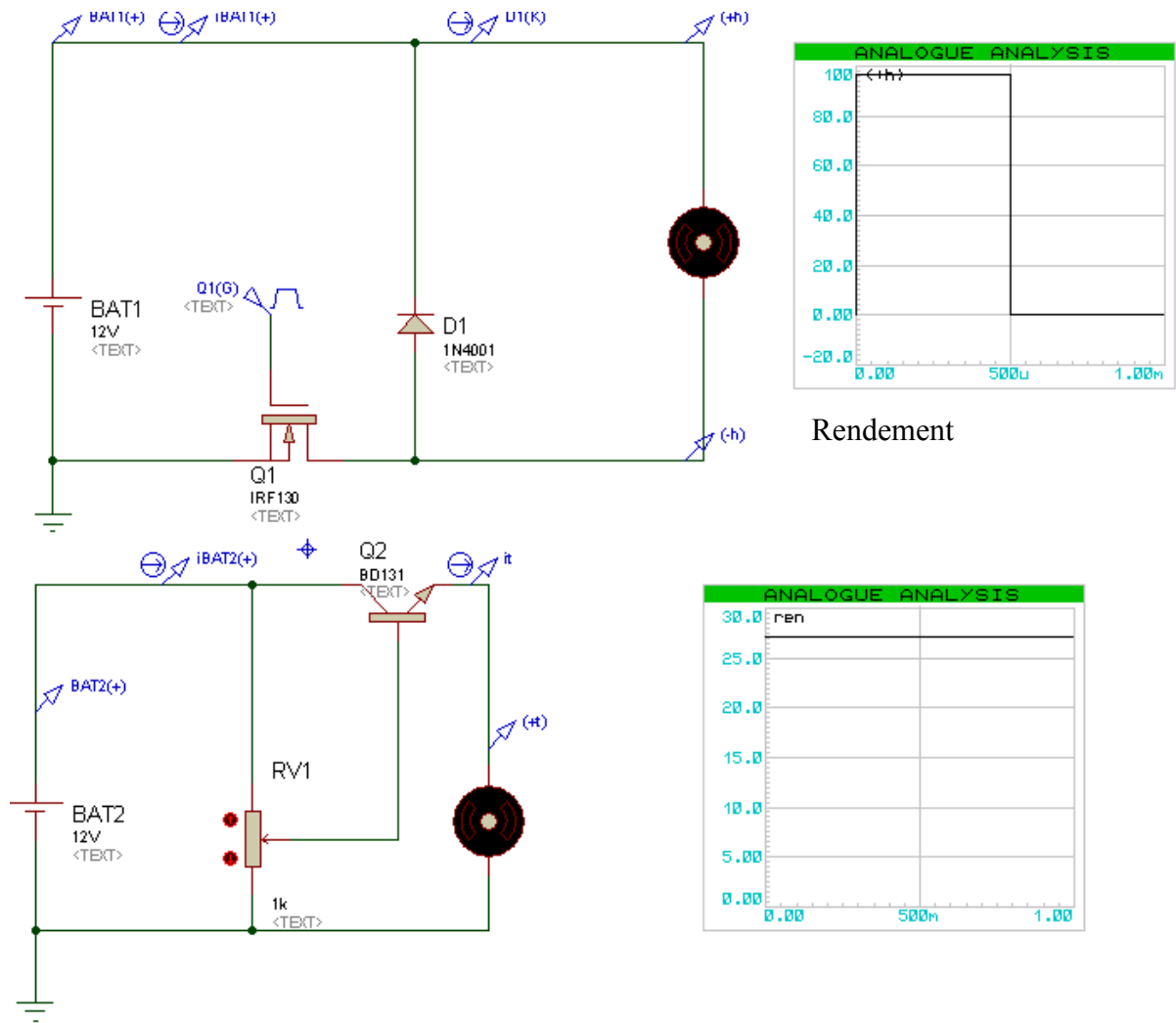


| 1 ^{ère} phase | 2 ^{ème} phase | 3 ^{ème} phase |
|------------------------|----------------------------|---|
| | | |
| $U_{moteur} = E$ | $U_{moteur} = -VD = -0,6V$ | $U_{moteur} = R \times I + L \frac{di}{dt} + Fcem$ $I = 0A$ $U_{moteur} = Fcem$ |
| Fonctionnement moteur | Fonctionnement moteur | Fonctionnement générateur |

Exemple de chaîne d'énergie



Comparaison hacheur / transistor

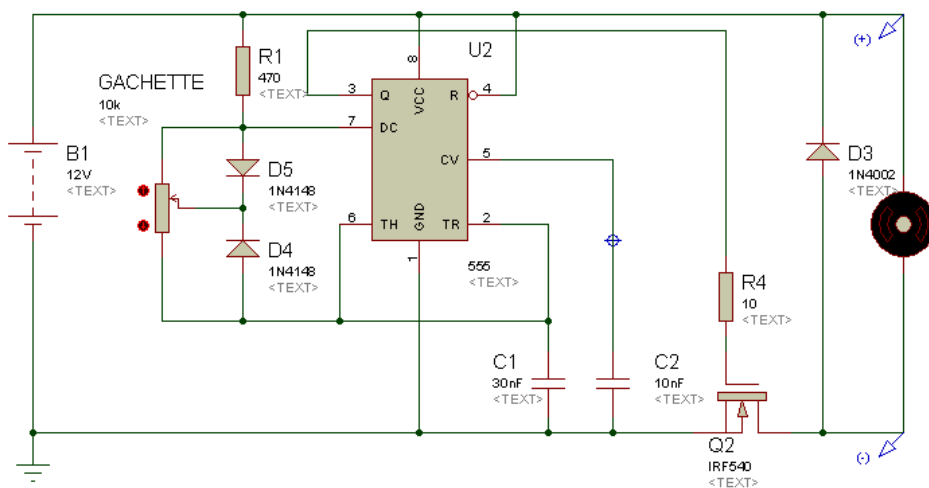


Avantage : rendement proche de 1 pour le hacheur (attention aux pertes joules)

Inconvénient : Générer un signal carré avec un rapport cyclique réglable.

⇒ Voir cours fonction retard générer un créneau carré

Exemple de montage



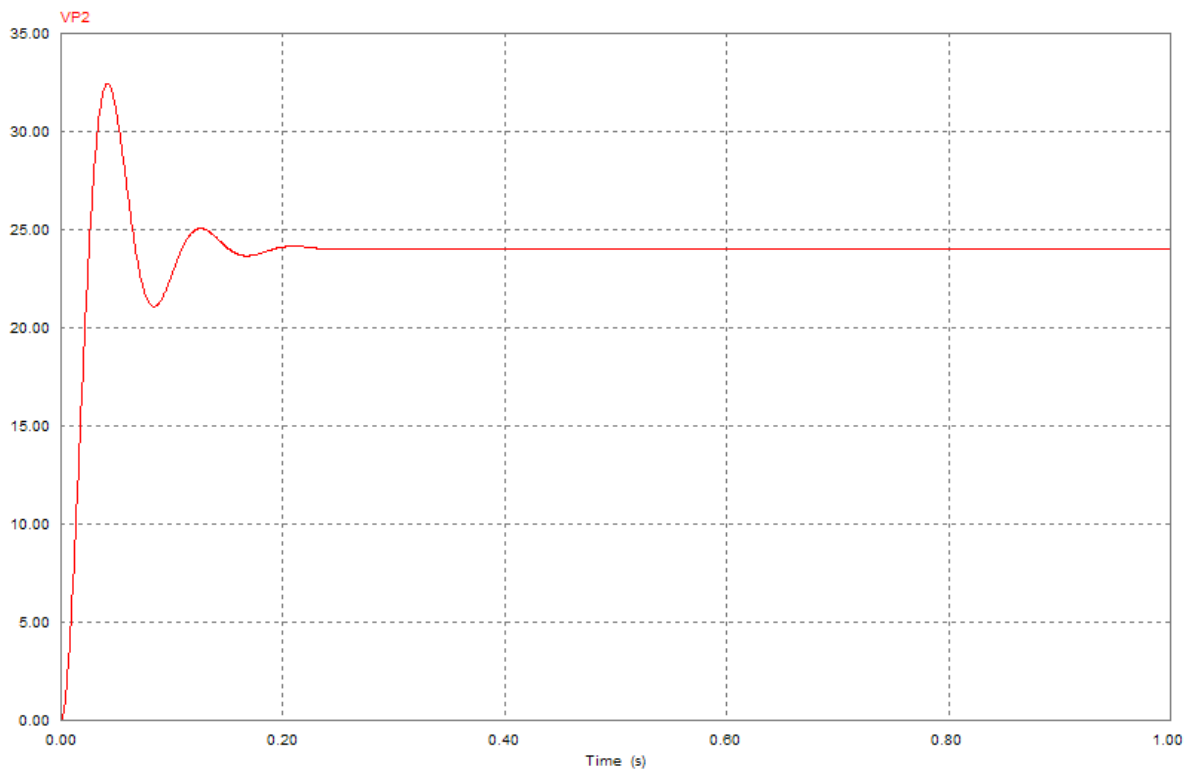
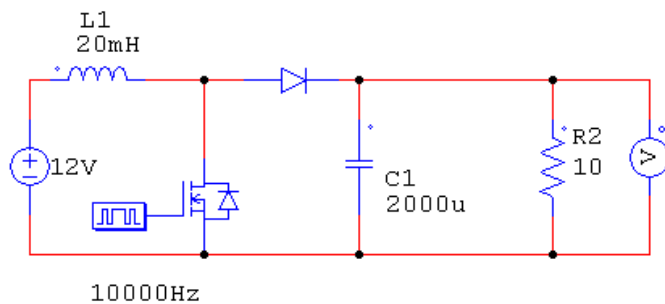
Hacheur parallèle ou élévateur

But : Elever une tension continue.

Principe : Première phase, charger une inductance ; seconde phase, la décharger dans le récepteur.

Le rapport cyclique permet de faire varier la tension de sortie $V_s = \frac{V_e}{1-\alpha}$

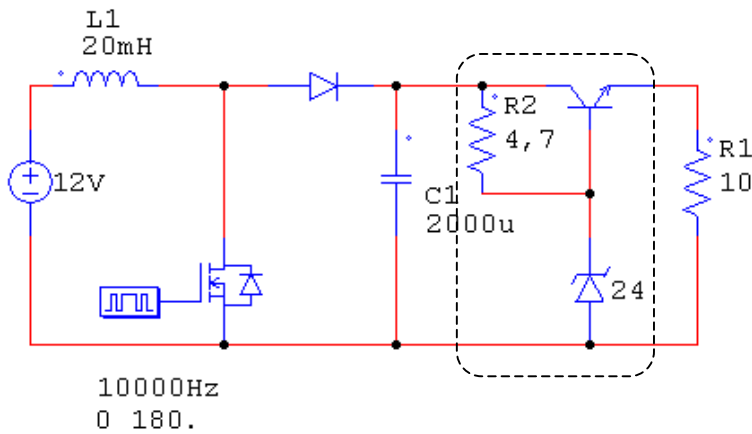
Montage théorique :



Défauts :

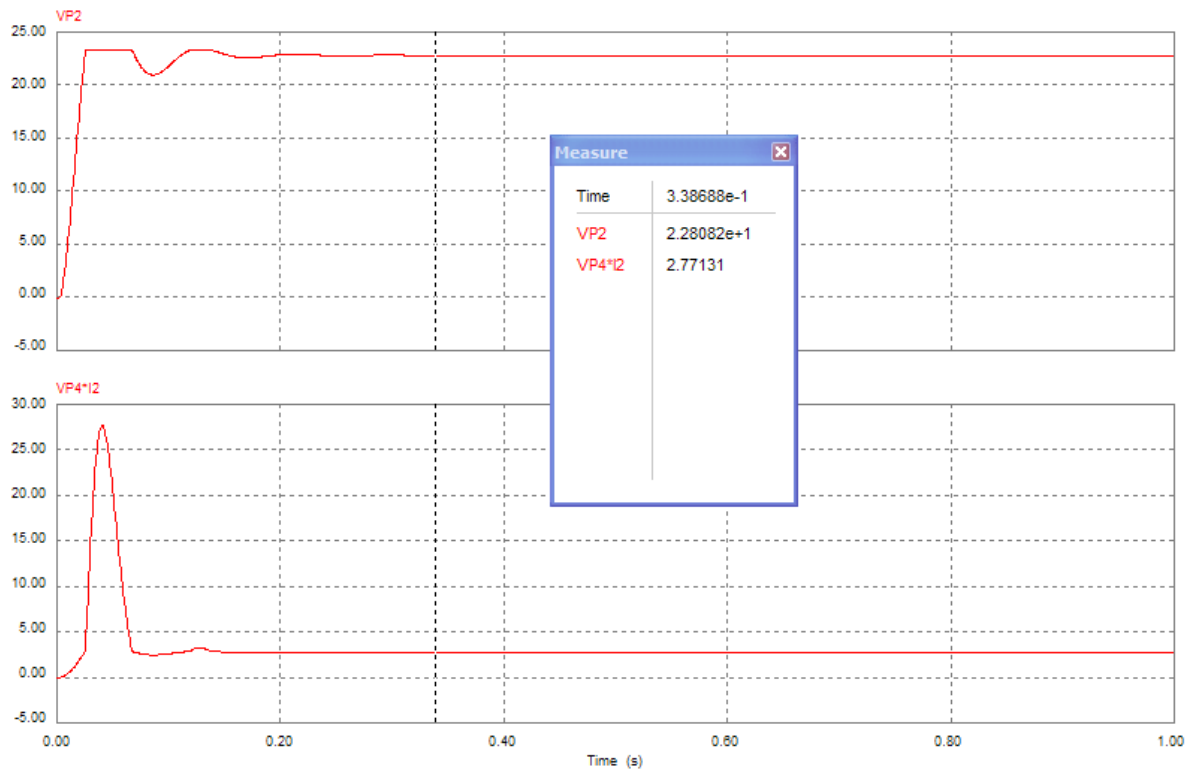
- Grande oscillation
- Tension finale dépendante de la charge
- Sans charge la tension dérive

Avec régulateur transistor ballast



Le rapport cyclique permet de faire varier la tension de sortie et le régulateur transistor diode zener écrête à 24V.

La différence est dissipée sous forme de pertes joules dans le radiateur

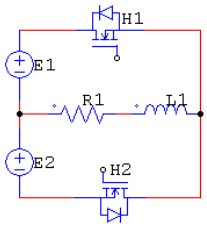
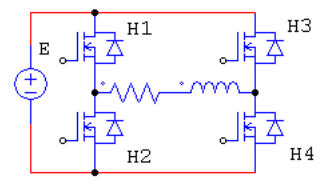


| Diode de régulation effet Zener ou avalanche | Radiateur |
|--|-----------|
| <p>La diode laisse passer le courant dans le sens inverse à partir d'une tension inverse (effet zener ou avalanche suivant la tension)</p> | |

Onduleur

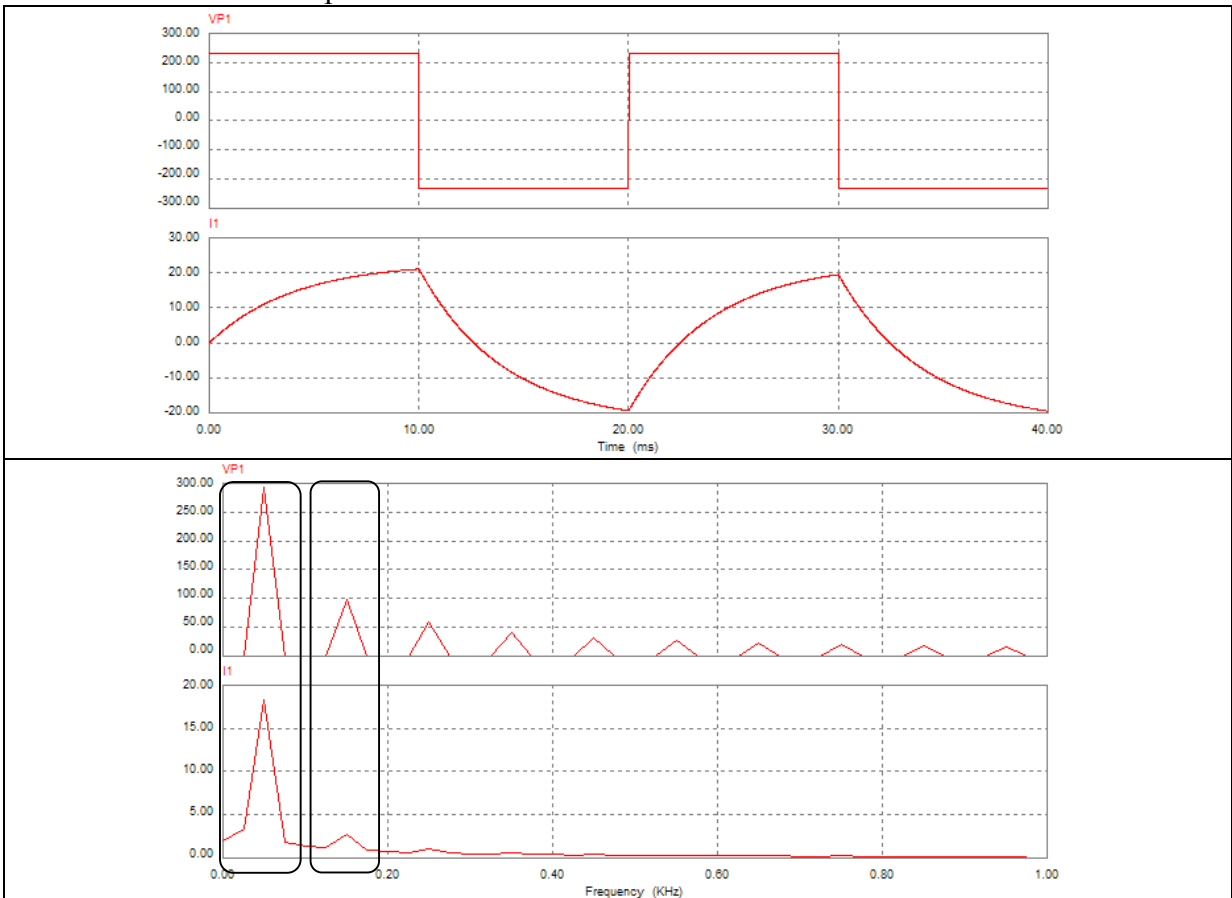
But : Transforme l'énergie provenant d'une source à courant continu en une énergie à courant alternatif.

Types de structures possibles :

| | |
|---|---|
|  <p>A la fermeture de H1, le récepteur est alimenté dans un sens; H1 ouvert et H2 se referme et le récepteur est alimenté en sens inverse.</p> |  <p>A la fermeture de H1 et H4, le récepteur est parcouru dans un sens. A la fermeture de H3 et H2, le récepteur est parcouru dans le sens contraire.</p> |
|---|---|

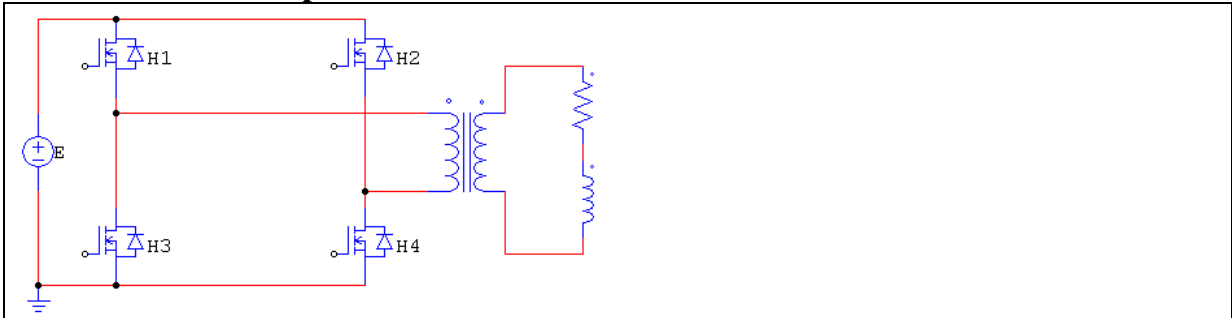
Inconvénients :

- il faut une tension continue de 230V pour obtenir une tension carrée
- Le courant n'est pas sinusoïdal

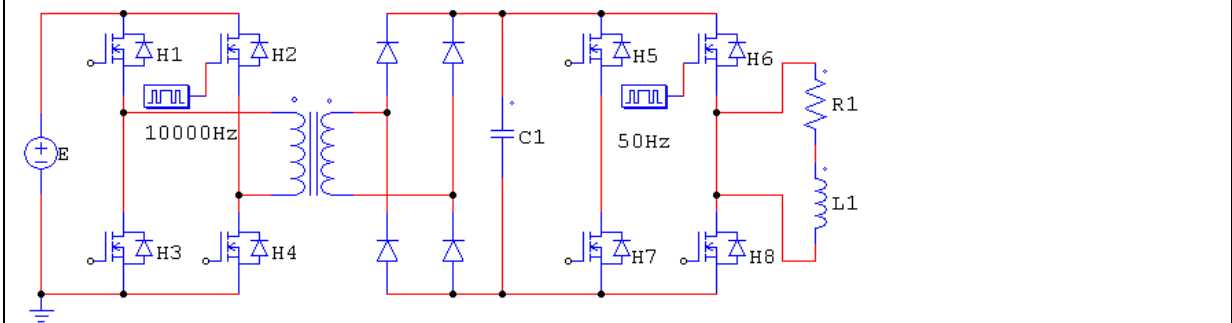


} Harmonique importante source de pertes

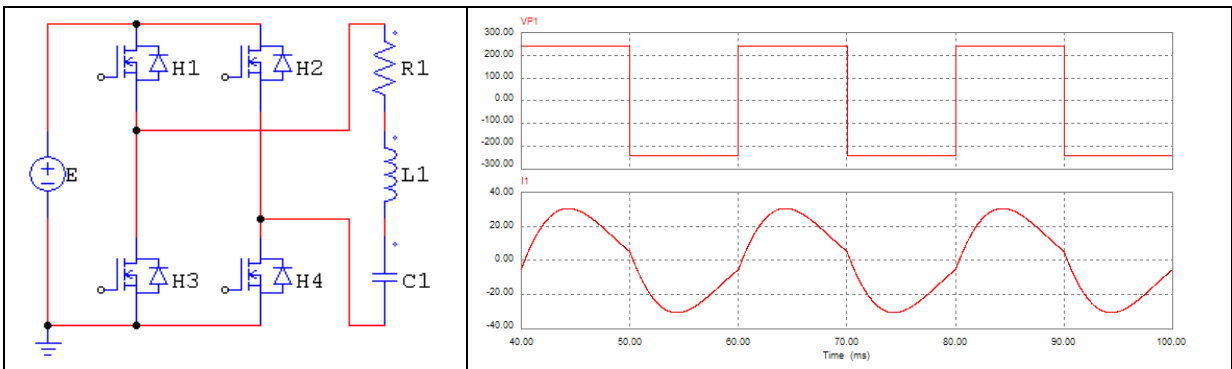
Autres structures possibles



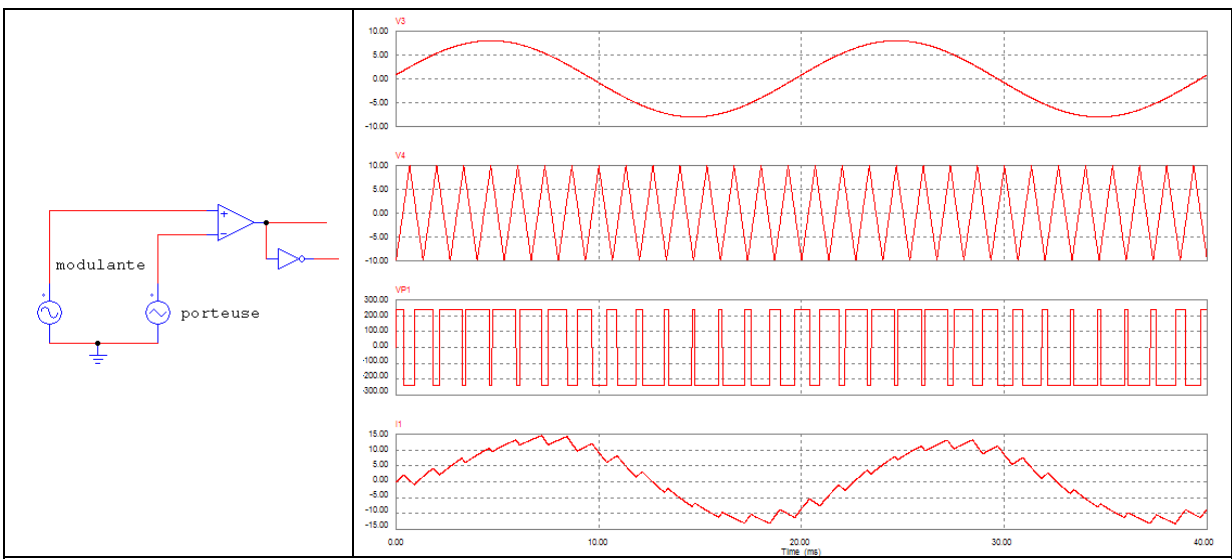
Avec un transformateur mais solution très lourde, le fer « travaille » à 50 Hz



Un étage onduleur à haute fréquence, un étage redresseur, et enfin un onduleur 50Hz



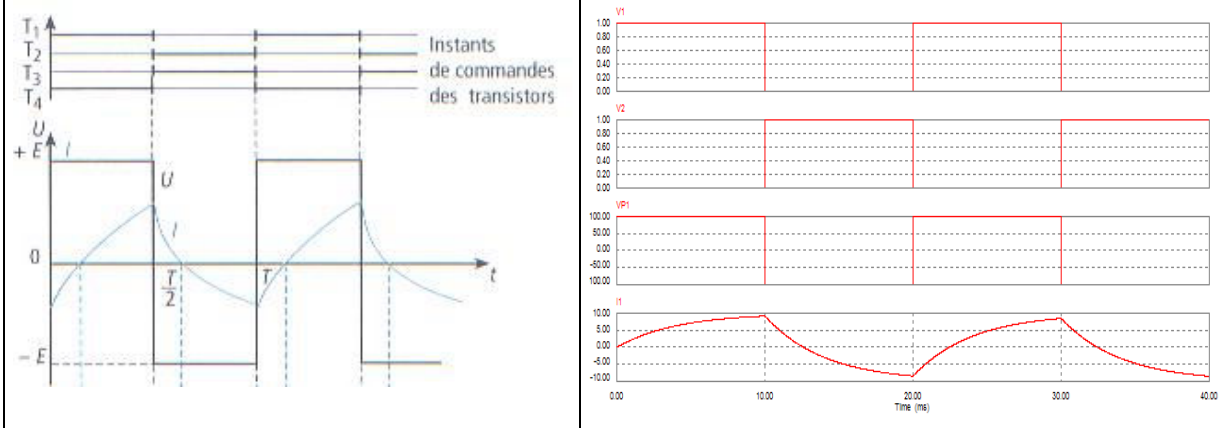
Onduleur à résonance lorsque la charge est fixe, le courant est presque sinusoïdal



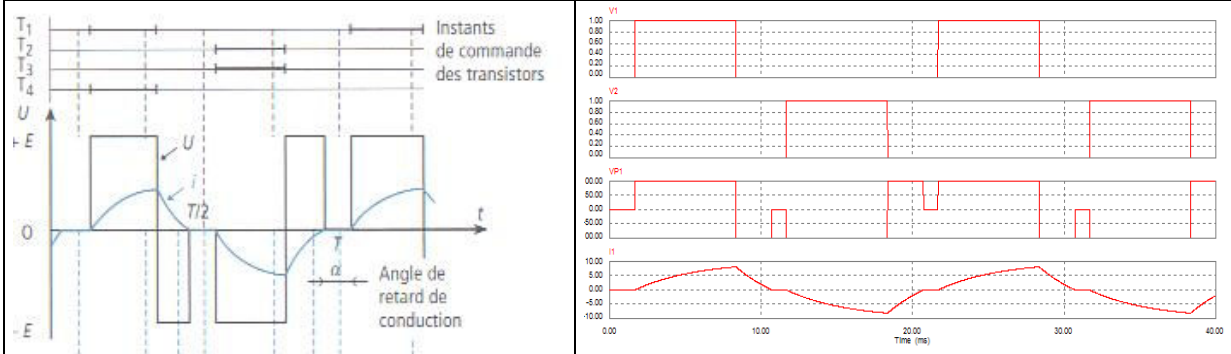
Commande MLI : on compare une tension sinusoïdale avec un triangle

Types de commandes

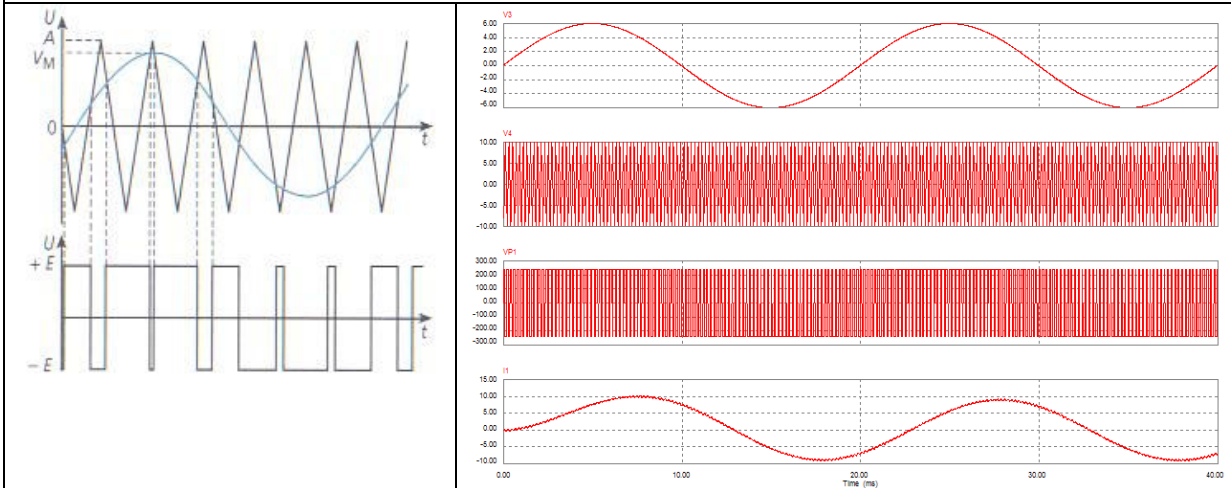
Commande adjacente



Commande disjointe

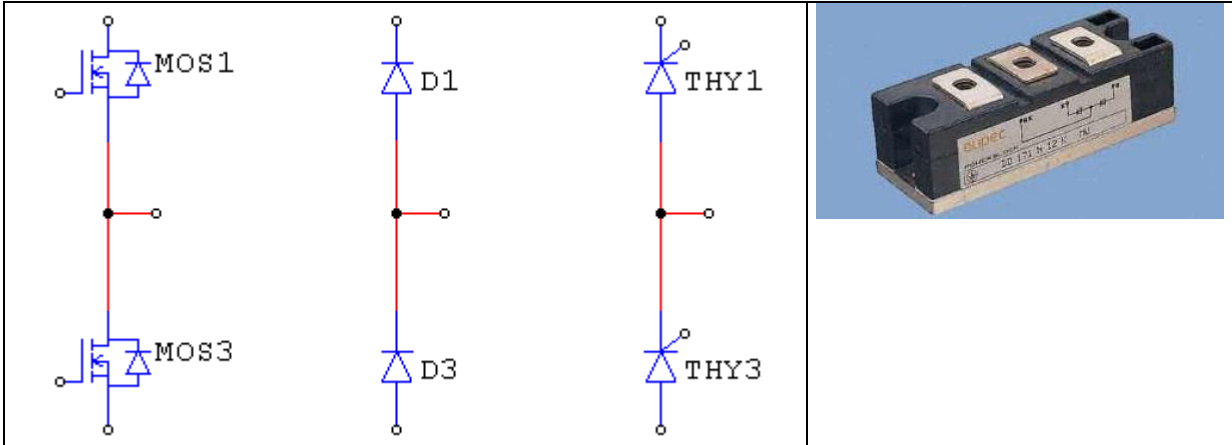


Commande MLI



Le pont en H

Structure de base : le demi pont



Structure : pont en H

