

COMMUTATION DE PUISSANCE



Baccalauréat STI2D-SIN

- SIN 3.1 : Interfaçage de composants

Objectifs

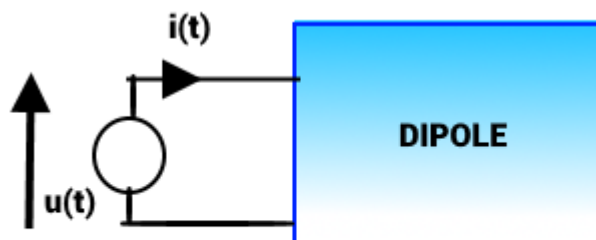
- A la fin de la séquence, l'élève doit être capable
- d'identifier une situation où la commutation de puissance est nécessaire
 - de citer trois solutions constructives utilisées pour commuter des signaux de puissance
 - de mettre en œuvre (analyse, modélisation et réalisation) des solutions de commutation

Définitions

Puissance

Tout équipement électrique en fonctionnement absorbe un certain courant sous une certaine tension. Le produit de ce courant et de cette tension est appelé Puissance :

$$p(t) = u(t) \times i(t)$$



Le dipole ABSORBE une puissance égale à : $p(t) = u(t) \times i(t)$

- P est exprimé en Watt : W
- U en Volt : V
- I en Ampère : A

Selon la nature de la source de tension la formule peut prendre en compte le phénomène temporel :

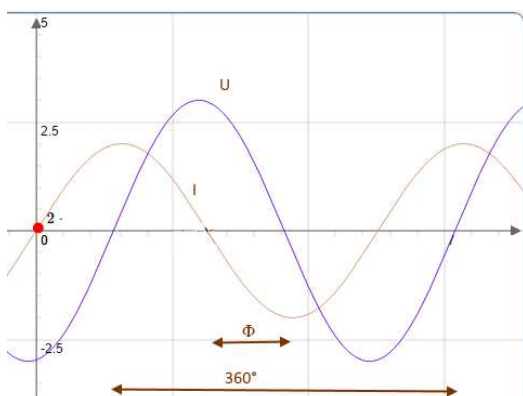
En courant continu :

$$P = U \times I$$

En courant alternatif :

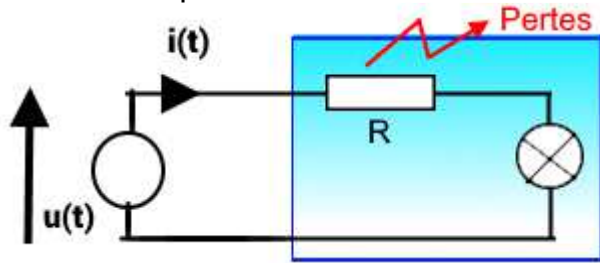
$$P = U \times I \times \cos(\Phi)$$

Où Φ est le déphasage entre U et I



Pertes

Un équipement n'étant jamais parfait, une partie de la puissance absorbée se transforme en pertes exprimées également en Watt. Par exemple une ampoule à incandescence produit une intensité lumineuse mais elle chauffe également en raison de la résistance du filament. Cet échauffement constitue des pertes qui nuisent à l'efficacité de l'ampoule.



Pertes par effet Joule

Il s'agit des pertes occasionnées par une résistance dont une des caractéristiques est de chauffer lorsqu'elle est parcourue par un courant. La relation simplifiée de ces pertes est :

$$P_j = R \times I^2$$

$$P_j = U^2 / R$$

Commutation

Il s'agit de l'opération qui consiste à interrompre le courant dans un dipôle.

Commutation non commandée



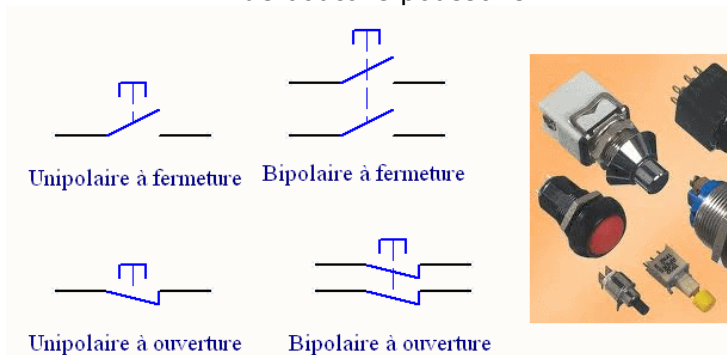
C'est l'usage le plus visible de la commutation.

A chaque fois que nous actionnons un bouton Marche, Power, ON/OFF, etc.... pour commutons un courant électrique.

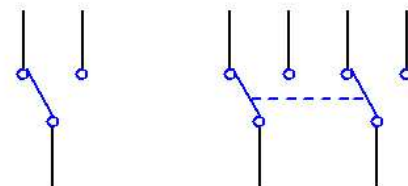
Les solutions techniques permettant d'obtenir ce résultat ont été abordées dans la leçon relative à l'interfaçage Homme/Machine.

Il s'agit :

- de boutons poussoirs



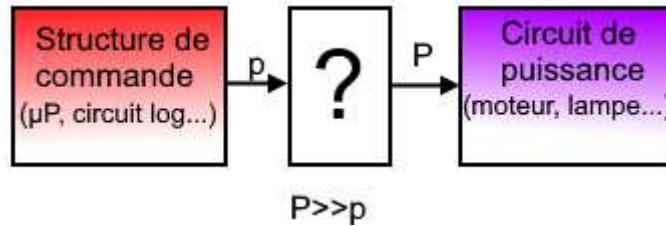
- de commutateurs



Commutation commandée

Expression du besoin

Lorsqu'une structure électronique doit réaliser une commutation des problématiques de transmission de puissance peuvent se poser :



- le circuit de commande est incapable de fournir la puissance nécessaire au circuit de puissance
 - le courant nécessaire au circuit de puissance est trop important au regard du courant que peut fournir le circuit de commande
 - la tension du circuit de puissance est différente de la tension du circuit de commande
- le circuit de commande doit être isolé galvaniquement du circuit de puissance (aucun électron partant du circuit de commande ne doit arriver au circuit de puissance et réciproquement)

Critères technologiques

Les critères technologiques permettent de faire un choix de solutions et de composants.

Fréquence de commutation :

Il s'agit du nombre de fois par seconde qu'un signal doit être commuté.

Temps de réponse :

Il s'agit de l'intervalle de temps entre le signal de commutation et la commutation elle-même.

Pouvoir de coupure :

Exprimé en tension et en courant, il désigne la capacité à interrompre un courant sous une certaine tension.

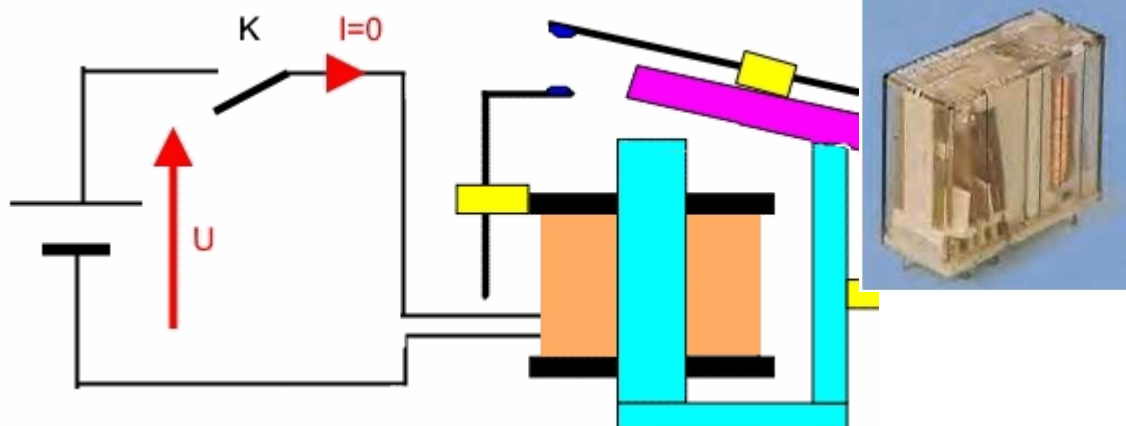
Commutation par relais

Principe du relais

Un relais est un dispositif électromécanique composé :

- d'une bobine chargée de produire un champ magnétique quand un courant la parcourt
- d'un circuit magnétique dont une partie est mobile
- d'un interrupteur dont le contact mobile est solidaire de la partie mobile du circuit magnétique.

Lorsque la bobine est alimentée, elle produit un champ magnétique qui attire la partie mobile du circuit magnétique. Ce dernier entraîne alors le contact mobile pour fermer l'interrupteur.



Dans la figure ci-dessus K et U modélisent le circuit de commande. le circuit de puissance est commandé par l'interrupteur du relais.

Caractéristiques des relais

Un relais est caractérisé par :

- **Son courant de consommation** : C'est le courant qu'il absorbe lorsqu'il est alimenté.
par exemple 58,3mA (12V)
- **Tension minimale de commutation** : Tension à partir de laquelle le relais ferme ses contacts
par exemple 3,75V(5Vcc)
- **Tension nominale** : Tension nominale d'alimentation
par exemple 5V
- **Courant de commutation des contacts** : courant pouvant être interrompu
par exemple : 6A
- **Tension de commutation** : tension pouvant être interrompue
par exemple 250Vca / 440Vcc
- **TMBF** : Taux moyen de bon fonctionnement : Nombre de manoeuvres possibles
par exemple 10 millions de manoeuvres
- **Temps de réponse** : temps de fermeture du contact
par exemple : 100ms

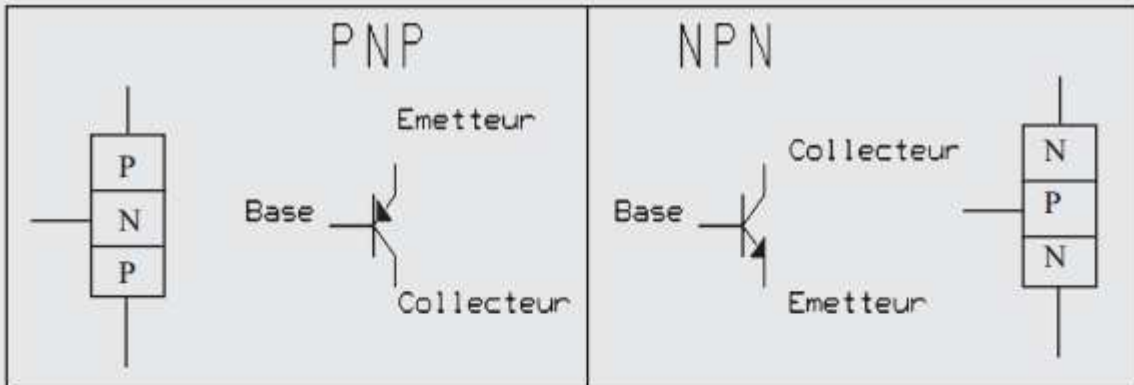
Utilisation

- Le relais est utilisé pour commander des charges de puissance importante mais ne nécessitant pas des fréquences de commutation importantes.
- Il existe des relais alimentés en courant continu et d'autres en courant alternatif.
- l'isolation galvanique est totale avec un relais.

Commutation par transistor

Le transistor

Un transistor bipolaire est constitué de semiconducteur dopé P et N de façon à former deux jonctions. Selon l'agencement de ces couches N et P on réalise un transistor NPN ou un transistor PNP.



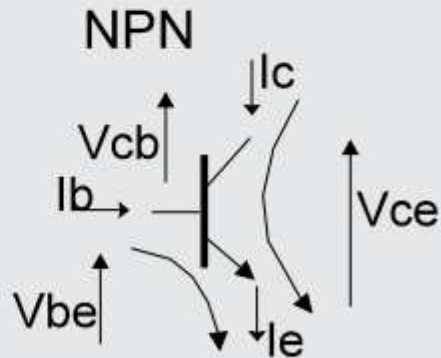
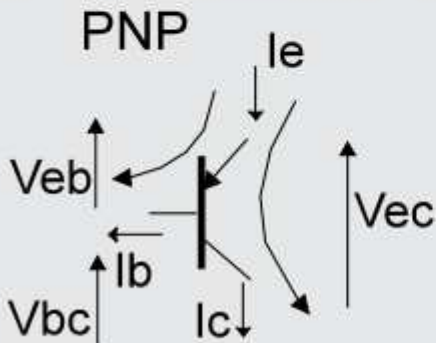
Dans les deux cas les trois électrodes se nomment :

- Emetteur
- Base
- Collecteur

👉 **Moyen mnémotechnique :** Dans le cas du transistor PNP la flèche de l'émetteur Pénètre dans le symbole

P comme **PNP**

Le sens des courants est donné par le sens de la flèche du symbole :



Equations caractéristiques :


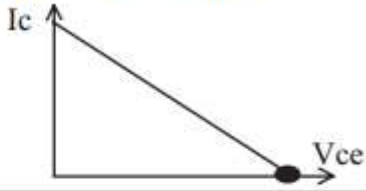
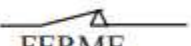
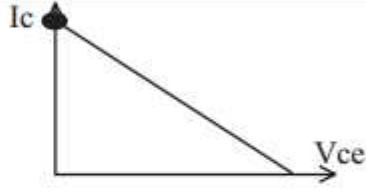
Courants : $I_E = I_C + I_B$

Tensions : NPN : $V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$

PNP : $V_{EC} = V_{EB} + V_{BC}$

Amplification en courant : $I_C = \beta \cdot I_B$

Le transistor utilisé en commutation fonctionne donc comme un interrupteur commandé :

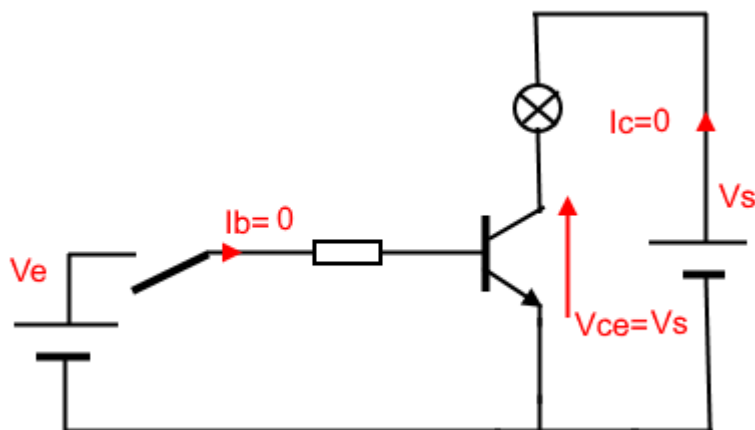
Interrupteur	Transistor	Point de fonctionnement
 OUVERT	BLOQUE $I_c=0 ; V_{ce} = V_{cc}$	
 FERME	SATURE $V_{ce}=0 ; I_c=V_{cc}/R$	

Définitions :

- On dit qu'un **transistor** est **passant** lorsque son courant de collecteur est non nul.
- On dit qu'un **transistor** est **bloqué** lorsque son courant de collecteur est nul
- On dit qu'un **transistor** est **saturé** lorsque son V_{ce} est proche de 0v (dans la pratique 0,4v) et que son courant de base réel est inférieur au courant de base défini par la polarisation du transistor. Un transistor saturé est forcément passant mais l'affirmation contraire est fausse.

Pour que le transistor soit passant le courant de base (I_b) doit être positif (dans le sens indiqué par les figures ci-dessus).

Pour que le transistor soit bloqué, I_b doit être nul.



Calcul de polarisation

Lorsqu'un transistor est saturé, la tension $V_{be}=0,7V$

Pour bien polariser un transistor, il faut :

- commencer par calculer le courant I_c nécessaire
 $I_c=(V_s-V_{ce})/R_c$ ou R_c est la résistance de la charge
- calculer le courant I_b sachant que $I_b=I_c/\beta$
- Multiplier la valeur trouvée par 2 ou plus
- Calculer la valeur de R_b (Résistance dans le circuit de la base)
 $R_b=(V_e-V_{be})/I_b$

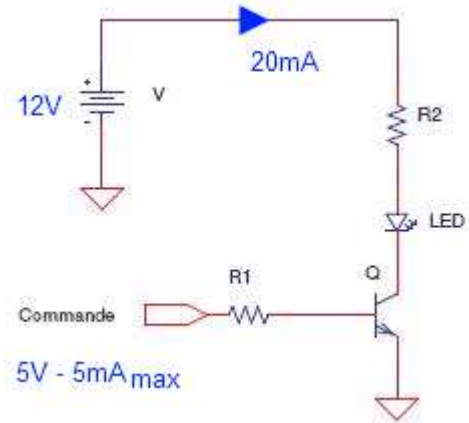
Exemple d'application

Une application courante vise à utiliser un transistor en amplificateur de courant.

Supposons qu'il faille alimenter une LED avec un courant de 20mA sous une tension de 12V mais que la structure de commande délivre au maximum 5mA sous 5V....

On réalisera le montage suivant :

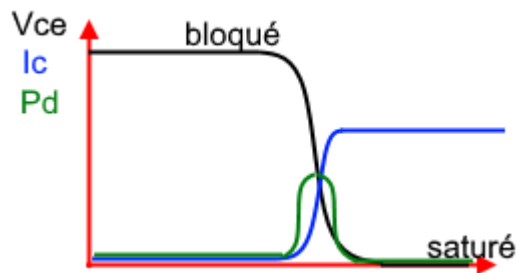
- La tension maximale aux bornes de la LED est égale à 1,5V (donnée par le constructeur de la LED)
- La résistance R2 provoque une chute de tension pour ne pas détruire la LED
- Il faut calculer R2 :
 - Lorsque la LED doit être éclairée le transistor doit être passant comme un interrupteur fermé et donc
 - $12V = R2 \cdot I_{LED} + V_{LED}$
 - $R2 = (12V - 1,5V) / 20mA = 525\Omega$
- Le constructeur du transistor donne $\beta = 100$ et $V_{be} = 0,7V$. On va calculer le courant dans la base.
 - $I_c = \beta \cdot I_b$ (données du cours)
 - Donc $I_b = 20mA / 100 = 200\mu A$
- Connaissant ce courant de base on peut calculer R1 :
 - $V_e = R1 \cdot I_b + V_{be}$
 - $R1 = (V_e - V_{be}) / I_b$
 - $R1 = (5 - 0,7) / 200\mu A = 21500\Omega$
 - On prend en général une valeur deux fois moindre pour garantir la saturation
 - Soit $R1 = 10k\Omega$



Pertes par effet Joule

Dans la réalité, lorsque le transistor est saturé, V_{ce} n'est pas tout à fait égal à 0V. De ce fait le transistor provoque des pertes égales à $P_d = V_{ce} \times I_c$ et chauffe

Cet échauffement se produit davantage encore lorsque le transistor passe de l'état



bloqué à l'état passant :



Cette situation explique que les microprocesseurs ont besoin de dissipateurs thermiques car ils intègrent des millions de transistors qui commutent des millions de fois par seconde.

Variation de tension par commutation

Certains systèmes nécessitent, en exploitation, une variation de puissance. Celle-ci peut être obtenue en utilisant des variateurs mécaniques, mais le rendement est souvent mauvais c'est pourquoi les solutions adoptées sont généralement électriques.

Modulation de largeur d'impulsion :

MLI

Un interrupteur commandé - un transistor le plus souvent - interrompt et établit la tension d'alimentation de la charge à fréquence élevée. Ainsi sa valeur moyenne (mais bien sûr aussi sa valeur efficace) s'en trouve modifiée.

La valeur moyenne devient :

$$U_{\text{moy}} = E \times \tau$$

où $\tau = t/T$

est appelé le rapport cyclique

