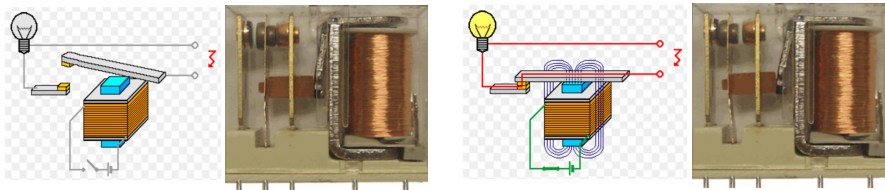


Transistors en commutation

- Comparaison « Transistor – Relais électro-mécanique »
- Matérialisation d'un interrupteur à l'aide d'un transistor
⇒ Dimensionnement (Etat OFF – Etat ON)
- Critères de choix d'un transistor en commutation
- Choix du type de polarité d'un transistor en commutation
⇒ Commande d'une charge connectée à la masse

Pourquoi utiliser un transistor

... plutôt qu'un relais électro-mécanique ?



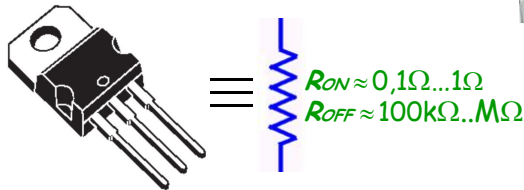
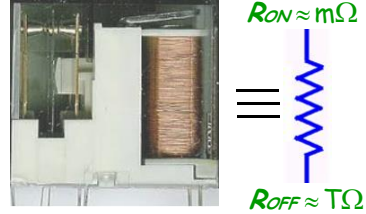
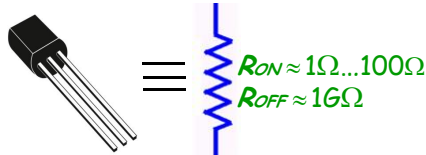
AVANTAGES par rapport à un relais électromécanique :

- **absence de contact** (le transistor est dit « interrupteur statique »)
⇒ bonnes **caractéristiques dynamiques** (temps de réponse plus court)
⇒ **fréquence de fonctionnement très élevée** (1 MHz à GHz)
⇒ pas de rebonds, bruit et étincelles
⇒ nombre de « manòuvres » possibles plus élevé (**durée de vie plus élevée**)
- **commande par un signal électrique de faible puissance**, 1 .

... Inconvénients du transistor ...

INCONVENIENTS par rapport à un relais électromécanique :

- moins bonnes **caractéristiques statiques** (R_{ON} et R_{OFF}) Etat OFF ... OK
- le transistor est moins proche d'un interrupteur idéal qu'un interrupteur traditionnel

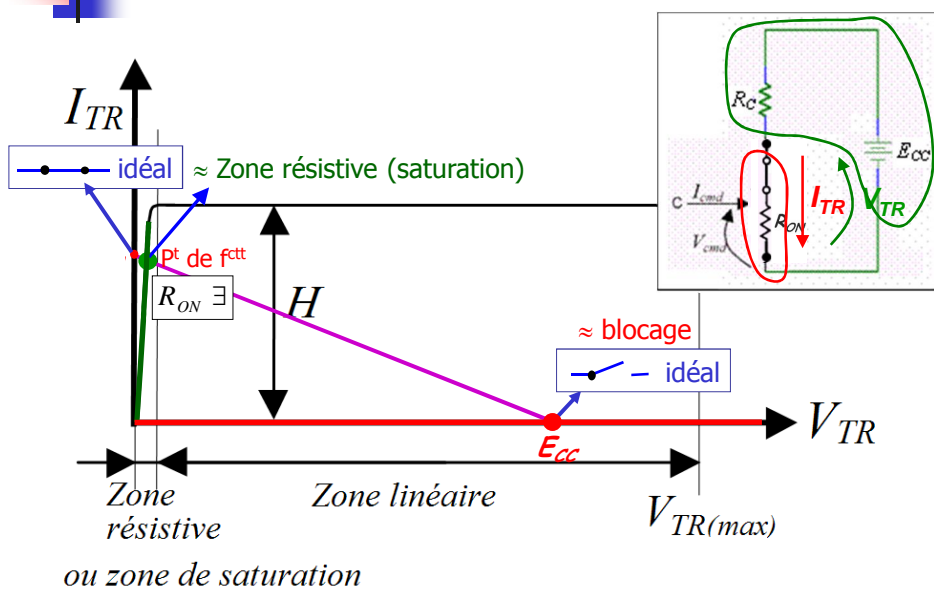


$$I_{OFF} (I_{fuite}) \approx \frac{I_{ON}}{100000}$$

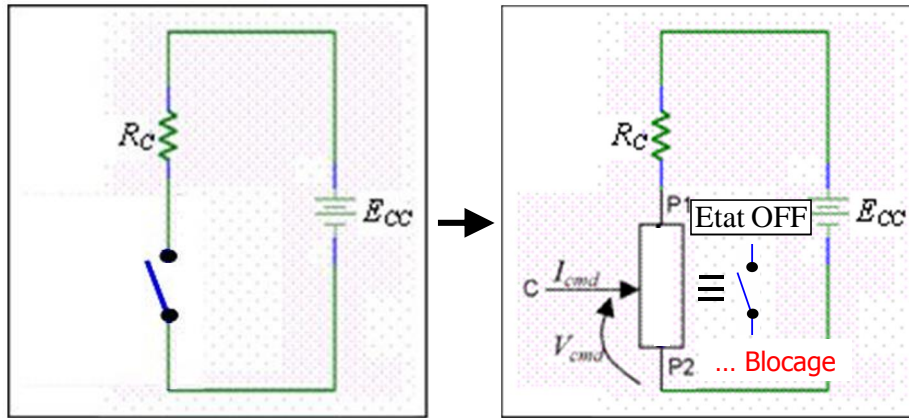
... négligeable

- courant unidirectionnel** (Utilisation réservée au cas du continu)

Matérialisation d'un interrupteur à l'aide d'un Tr



Matérialisation de l'état OFF à l'aide d'un Tr.

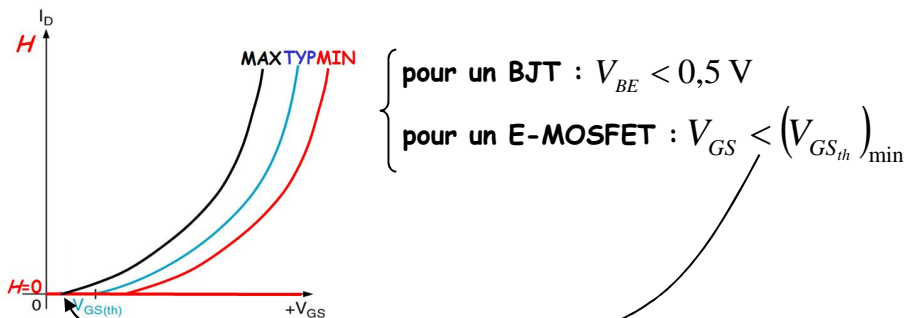


« Dimensionnement » pour l'état OFF

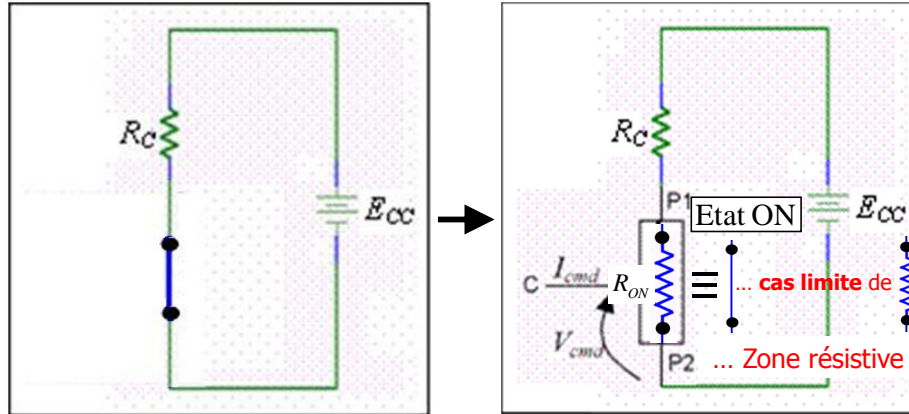
Etat OFF : Paramètre de commande < *Seuil OFF*

Mauvaise maîtrise : $\Rightarrow \text{Seuil OFF}_{\min} < \text{Seuil OFF} < \text{Seuil OFF}_{\max}$

Cas le plus défavorable : Paramètre cmde < $(\text{Seuil OFF})_{\min}$



Matérialisation de l'état ON à l'aide d'un Tr.



CONDITION : $R_{ON} \ll R_C$

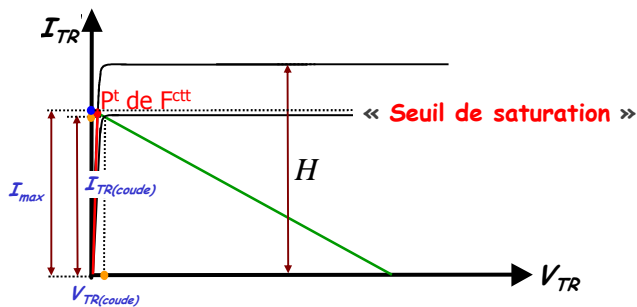
$$I_{ON} = \frac{E_{cc}}{R_C + R_{ON}} \approx \frac{E_{cc}}{R_C} = I_{max}$$

Pour $\downarrow R_{ON}$:

- Surdimensionner
- Sursaturer

Dimensionnement pour l'état ON

« **Saturation** » \Rightarrow Transistor = R_{ON}



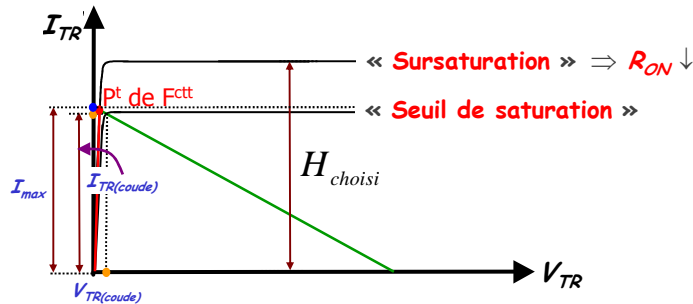
Condition pratique de fonctionnement en « résistif »

... si : Paramètre de commande tel que : $H > I_{max} > (\approx) I_{TR_{coude}}$

... du côté sécurité car $I_{max} > I_{TR_{coude}}$

Dimensionnement pour l'état ON

« Sursaturation » \Rightarrow $Tr. = R_{ON} \rightarrow$ Interrupteur fermé



Condition pratique pour $Tr \approx$ interrupteur fermé

... si : Paramètre de commande tel que : $H > H_{choisi} = CS \cdot I_{max}$

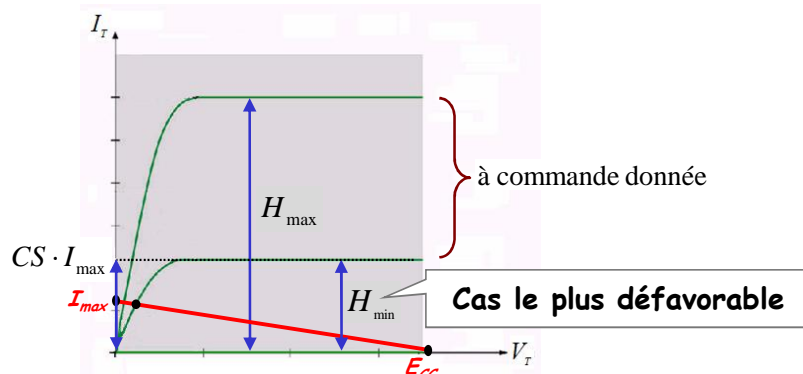
Coefficient de sursaturation : $CS = \frac{H_{choisi}}{I_{max}} \quad (I_{ON} \approx I_{max})$

Dimensionnement pour l'état ON

Etat ON : Paramètre de commande tel que : $H > CS \cdot I_{max}$

Mauvaise maîtrise : $\Rightarrow H_{min} < H < H_{max}$ à commande donnée

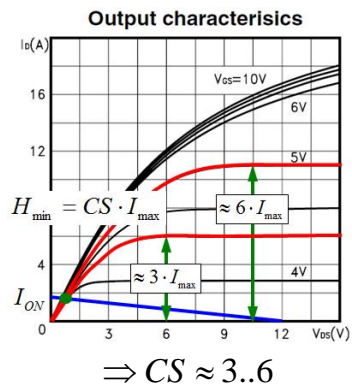
Cas le plus défavorable : $H_{min} > H_{choisi} = CS \cdot I_{max}$



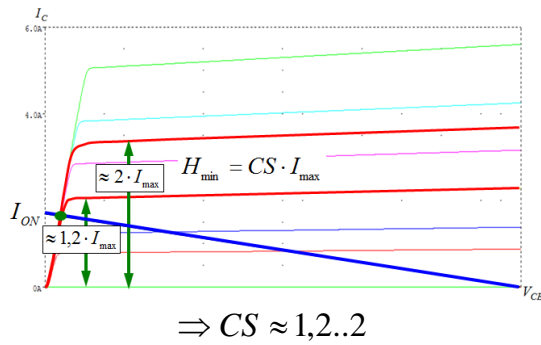
Dimensionnement pour l'état ON

Etat ON : $H_{\min} > CS \cdot I_{\max}$... **Choix du CS**

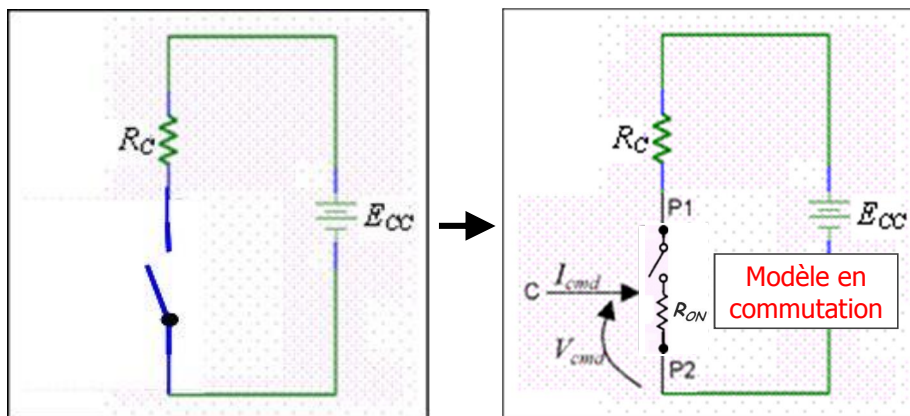
Cas d'un MOSFET



Cas d'un BJT



Matérialisation d'un interrupteur à l'aide d'un Tr





BJT : Dimensionnement du circuit de commande

Etat OFF : $V_{BE} < 0,5V$

Etat ON : $H_{\min} > CS \cdot I_{ON}$ avec : $H_{\min} = \beta_{\min} \cdot I_{cmd}$

$$\Rightarrow I_{cmd} \geq \frac{CS \cdot I_{ON}}{\beta_{(H=CS \cdot I_{ON})_{\min}}}$$

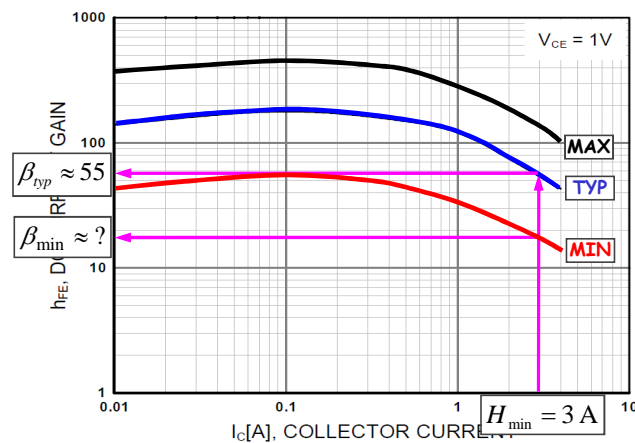
$$I_{cmd} = \frac{V_{cmd} - "0,7 V"}{R_B} \Rightarrow R_B \dots$$



BJT : Dimensionnement du circuit de commande

Détermination du gain en courant

graphique $\beta_{typ} = f(I_C)$ permet de connaître β_{typ} au courant $CS \cdot I_{ON}$





BJT : Dimensionnement du circuit de cmde

Détermination du gain en courant

$$\frac{\Delta\beta}{\beta} = \frac{\beta_{typ} - \beta_{min}}{\beta_{typ}} \approx C^{ste} \Rightarrow 1 - \frac{\beta_{min}}{\beta_{typ}} \approx C^{ste} \Rightarrow \frac{\beta_{min}}{\beta_{typ}} \approx C^{ste}$$

$$\Rightarrow \text{Calcul du } \beta_{min} : (\beta_{min})_{H_{min}} = (\beta_{typ})_{H_{min}} \cdot \left[\frac{\beta_{min}}{\beta_{typ}} \right]_{donnés}$$

Electrical Characteristics <small>T_C=25°C unless otherwise noted</small>						
Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
I _{CES}	Collector Cut-off Current	V _{CE} = 60V, V _{BE} = 0			100	μA
		V _{CE} = 80V, V _{BE} = 0			100	μA
h _{FE}	DC Current Gain	V _{CE} = 5V, I _C = 10mA	20	130		
		V _{CE} = 1V, I _C = 500mA	40	140		
		V _{CE} = 1V, I _C = 2A	25	75		
V _{CE(sat)}	Collector-Emitter Saturation Voltage	I _C = 2A, I _B = 0				V
V _{BE(on)}	Base-Emitter ON Voltage	V _{CE} = 5V, I _C =	⇒ (β _{min}) _{3A} = 55 · $\frac{25}{75} \approx 15$			V
		V _{CE} = 1V, I _C =				V



BJT : Dimensionnement du circuit de cmde

Remarques : déclassement (V_{CE} et température)

"Déclassement" : $\left\{ \begin{array}{l} \bullet V_{CE_{ON}} \neq V_{CE(\text{data sheets})} \Rightarrow -1\%/^{\circ}\text{V} \\ \bullet \text{température}_{réelle} \neq \text{température}_{\text{data sheets}} (\approx 25^{\circ}\text{C}) \Rightarrow 1\%/^{\circ}\text{C} \end{array} \right.$



Critères de choix d'un trans. en commutation

BJT OU MOSFET ?

MOSFET : plus rapide

BJT : moins cher et plus robuste !

BJT : R_{ON} plus faible (à même « taille » de transistor)

BJT : I_{cmd} !

MOSFET : V_{GS} imposé par V_{cmd} !



Critères de choix d'un trans. en commutation

QUEL TRANSISTOR du type choisi ?

⊘ sinon claquage d'une jonction en inverse

$< E_{CC}$

V_{Tmax}

Crête (Peak) et moyen (DC)

I_{Tmax}

⊘ sinon destruction thermique de la jonction en direct

⊘ pour limiter la densité de courant

En commutation : Choix $\geq 2 \cdot I_{ON}$ pour bonne durée de vie



Critères de choix d'un trans. en commutation

QUEL TRANSISTOR du type choisi ?

$< T_{max}/2 \approx 80^\circ\text{C}$ pour limiter les variations de caractéristiques

... Température de jonction

$\ll R_{\text{Charge}}$

BJT : qql 10 ns à μs
FET : qql ns à 100 ns

$V_{T_{max}}$

$I_{T_{max}}$

$P_{T_{max}}$

$R_{T_{ON}}$

Rapidité de commutations

Choix correct du transistor pour $\downarrow R_{ON}$ ($\downarrow P_{\text{conduction}}$)

õ *surdimensionner le transistor* :

Pour BJT : choix $((I_{TR_{\text{moy}}})_{\text{max}})_{\text{datasheets}} \geq 2..3 \cdot I_{ON}$

Pour MOSFET : choix $((I_{TR_{\text{moy}}})_{\text{max}})_{\text{data sheets}} \geq 4..10 \cdot I_{ON}$