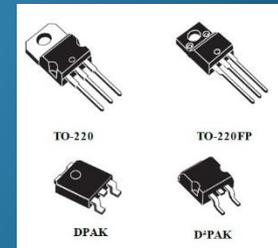


Composants de l'électronique

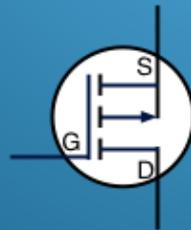
BUT 1 – Eln1 – Module R1-09

3. LES COMPOSANTS

DIODES ET TRANSISTORS



MOSFET canal N



MOSFET canal P

Jean-François LIEBAUT
Juan BRAVO

IUT GEII, université de Toulon

✉ : bravo@univ-tln.fr

Plan du cours



- **Présentation des diodes**
 - Caractéristiques, symbole
 - Différents modèles
 - Calculs en utilisant les différents modèles
- **Différents types de diodes et montages**
 - Différents types, domaines d'utilisation
 - Principaux montages utilisant des diodes
- **Le transistor MOSFET**
 - Différents modèles de transistor, symboles, principe
 - Caractéristiques
- **Le transistor MOSFET en commutation**
 - Points de fonctionnement, modèles
 - Montages typiques

Caractéristiques et symbole des diodes

Mosfet en commutation

Composant transistor

Montages à diodes

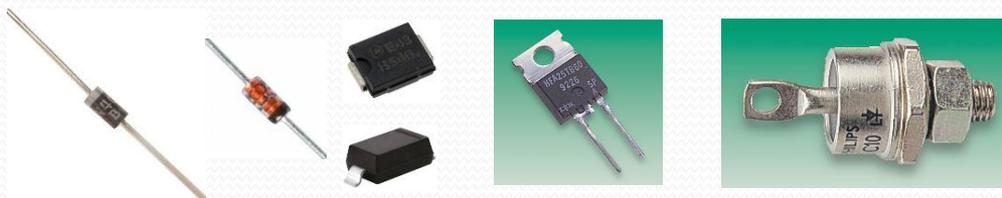
Composant diode

• Constitution, symbole

- La diode est un dipôle à semi-conducteur (jonction PN). Ses 2 bornes sont repérées anode « A » et cathode « K ».



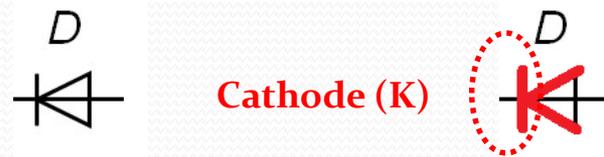
- Exemples de boîtiers :
Trait ou repère ⇔ Cathode



- Symbole :



- Remarque : Pour retenir le nom des bornes ...

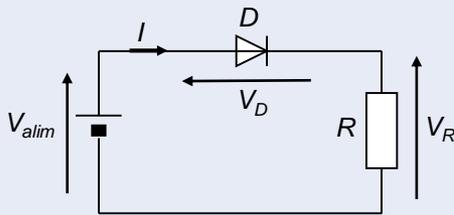


• Fonctionnement de la diode

- La diode est un composant dit de commutation qui possède 2 régimes de fonctionnement :
 - Diode à l'état : Passant.
 - Diode à l'état : Bloquée.

⇒ La diode peut ainsi commuter de l'état passant à l'état bloquée et vice-versa.
- Polarisation de la diode :

Polarisation dans le sens DIRECT



La diode D est **passante**.

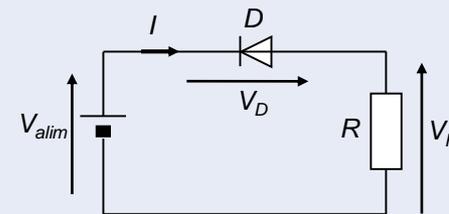
• Calcul du courant I :

Loi des mailles : $V_{alim} - V_D - V_R = 0$

$$I \times R = V_R = V_{alim} - V_D$$

$$I = \frac{V_{alim} - V_D}{R}$$

Polarisation dans le sens INVERSE



La diode D est **bloquée**.

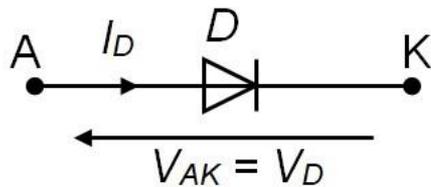
- La diode est polarisée en inverse. **Aucun courant I ne circule.**

$$I = 0.$$

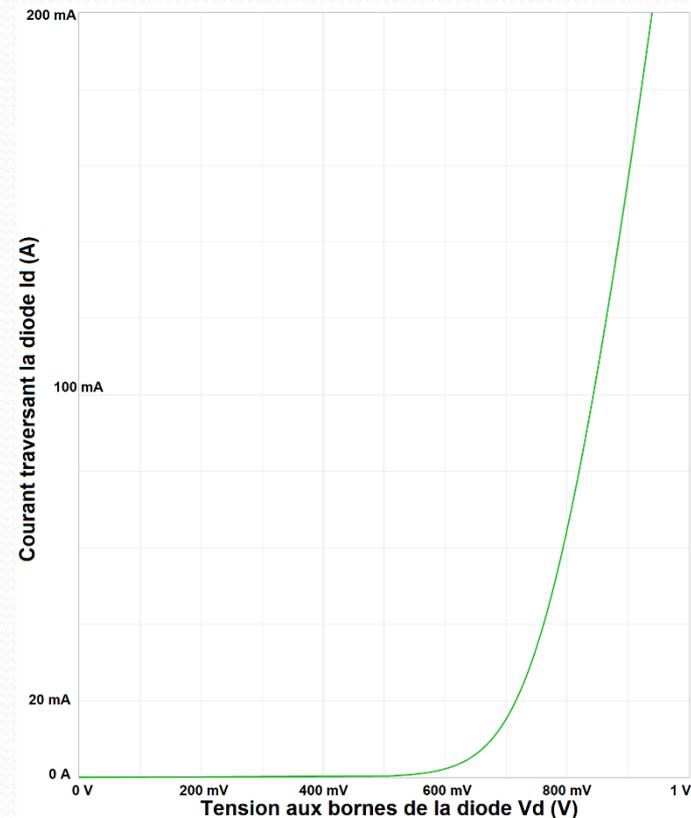
- Blocage de la diode

- Pour que la diode passe de l'état bloquée à passant, il faut que la tension à ses bornes dépasse sa tension de seuil.
- Si la diode est passante (un courant circule), elle impose la tension à ses bornes.
- Pour que la diode se bloque il faut que le courant qui la traverse s'annule.

- Caractéristique directe courant-tension de la diode

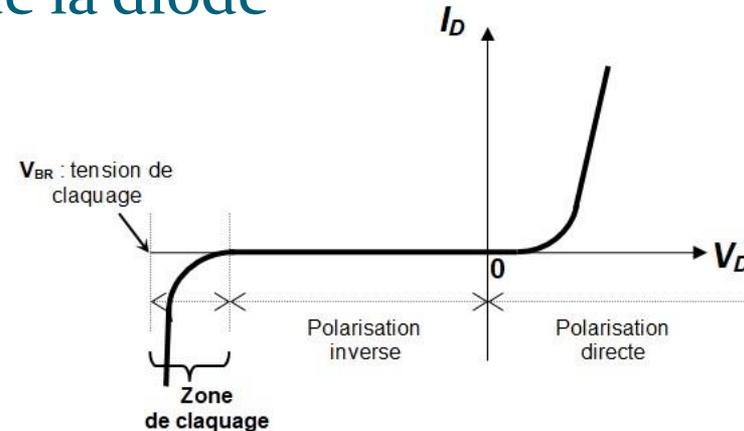


- Tension directe : V_F en Anglais
- La tension dépend du courant.
- Caractéristique non linéaire.
- Dépend du type de diode.
- I_D quasi nul en dessous d'une certaine tension (tension de seuil).



• Caractéristiques supplémentaires de la diode

- Zone de claquage : Si la tension inverse ($V_D < 0$) aux bornes de la diode devient trop importante, il y a un risque de destruction de la diode par échauffement de la jonction PN. Les constructeurs précisent la tension de claquage inverse ; elle correspond à la tension maximum que peut supporter une diode en polarisation inverse.
- Caractéristiques constructeur :



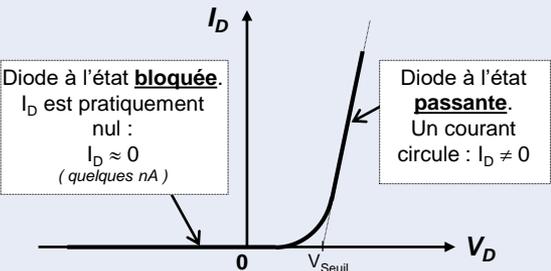
	Dénomination	Notation documentation constructeur
• V_{Seuil}	Tension de seuil de la diode	V_F (F pour Foward : direct)
• I_{Dmax}	Courant direct maximum que peut supporter la diode.	I_F (F pour Foward : direct) I_F : Valeur continue maximale supportable par la jonction. I_{FM} : Valeur crête maximale supportable par la jonction. I_{FRM} : Valeur pointe maximale répétitive supportable par la jonction. I_{FSM} : Valeur maximale de surcharge accidentelle non répétitive supportable par la jonction. I_{FAV} : Valeur moyenne maximale supportable par la jonction.
• V_{Rmax}	Tension inverse maximale que peut supporter la diode.	V_R (R pour Reverse : inverse) V_R : Valeur continue maximale supportable par la jonction. V_{RM} : Valeur crête maximale supportable par la jonction. V_{RRM} : Valeur pointe maximale répétitive supportable par la jonction. V_{RSM} : Valeur maximale de surcharge accidentelle non répétitive supportable par la jonction.
• t_{Tr}	Temps de recouvrement inverse. Temps nécessaire à la diode pour passer de l'état passant à l'état bloqué.	t_{Tr}
• t_{dr}	Temps de recouvrement direct. Temps nécessaire à la diode pour passer de l'état bloqué à l'état passant.	t_{dr}

Mosfet en commutation
Composant transistor
Montages à diodes
Composant diode

Modèle des diodes

• Caractéristiques de la diode et modèles équivalents

- Le tableau qui suit montre 4 caractéristiques $I_D = f(V_D)$. Caractéristique Réelle, caractéristique Semi-réelle, caractéristique Classique et caractéristique Idéale.
- NB1 : Suivant l'étude que l'on veut mener, on prendra l'une ou l'autre de ces caractéristiques. En règle générale, la caractéristique Classique est le plus souvent utilisée pour effectuer des calculs et l'Idéale pour analyser un fonctionnement.
- NB2 : L'équation généralisée de la diode est la suivante : $I_D = I_S \left(e^{\frac{V_D}{m \cdot V_T}} - 1 \right)$ avec :
 I_S courant inverse de la diode, m coefficient empirique (entre 1 et 2) et V_T le potentiel thermique de la diode. $V_T = \frac{kT}{q}$ ou k est la constante de Boltzmann, q la charge de l'électron et T la température absolue. $k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$, $q=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ on note que $V_T=26 \text{ mV}$ à $T=300^\circ \text{ K}$.

Modèle	Caractéristique	Schéma équivalent	Utilisation
Réelle	 <p>Diode à l'état bloquée : I_D est pratiquement nul : $I_D \approx 0$ (quelques nA)</p> <p>Diode à l'état passante : Un courant circule : $I_D \neq 0$</p>		Peu pratique à utiliser. Ne s'utilise que pour déterminer graphiquement le point de fonctionnement d'un montage.

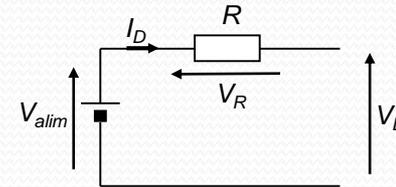
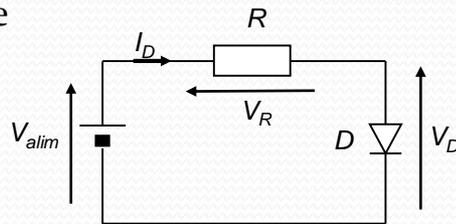
Mosfet en commutation
Composant transistor
Montages à diodes
Composant diode

Modèle	Caractéristique	Schéma équivalent	Utilisation
Semi-Réelle	<p>Diode à l'état bloquée. $I_D = 0$</p> <p>Diode à l'état passante. $I_D \neq 0$</p> <p>Diode à l'état passante : Un courant circule : $I_D \neq 0$ Diode à l'état bloquée : $I_D = 0$</p>	<p><u>Diode passante</u> :</p> <p>$V_D = V_{Seuil} + R_D \cdot I_D$</p> <p>$R_D$: Résistance dynamique</p>	Pour l'étude dynamique de petits signaux.
Classique	<p>Diode à l'état bloquée. $I_D = 0$</p> <p>Diode à l'état passante. $I_D \neq 0, V_D = V_{Seuil}$</p> <p>Diode bloquée : $I_D = 0$ Diode passante : $I_D \neq 0$ et $V_D = V_{Seuil}$</p>	<p><u>Diode passante</u> :</p> <p>$V_D = V_{Seuil}$</p> <p>- V_{Seuil} : tension de Seuil de la diode (≈ 0.6 V pour une diode de signal)</p>	Utilisé afin de calculer de façon simple les courants et tensions dans une maille.
Idéale	<p>DIODE BLOQUEE</p> <p>DIODE PASSANTE</p> <p>Diode bloquée : $I_D = 0$ Diode passante : $I_D \neq 0$ et $V_D = 0$</p>	<p><u>Diode bloquée</u> :</p> <p>$I_D = 0$</p> <p><u>Diode passante</u> :</p> <p>$V_D = 0$</p>	Modèle le plus simple à utiliser. La diode est considérée comme idéale : Si $V_D < 0$: diode bloquée : $I_D = 0$. Si $I_D \geq 0$: diode passante : $V_D = 0$.

• Calcul du courant dans la diode ou détermination de la valeur de la résistance

- Première méthode : En utilisant le modèle équivalent de la diode (tension de seuil et résistance dynamique ou uniquement tension de seuil).
- Seconde méthode : En utilisant la droite de charge et la caractéristique réelle de la diode.

- Montage

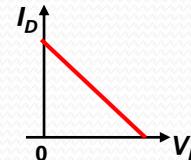


- Droite de charge : générateur + résistance sans la diode => V_D fonction de V_{alim} et I .

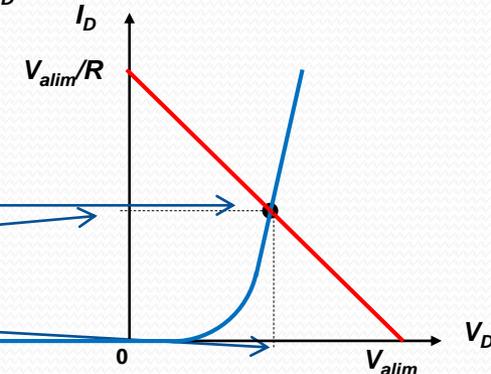
$$V_D = V_{alim} - V_R$$

$$\text{Soit } V_D = V_{alim} - R \cdot I_D$$

$$\text{Quand } I_D = 0, V_D = V_{alim}, \text{ quand } V_D = 0, I_D = V_{alim}/R$$



- Caractéristique courant-tension de la diode



- Point de fonctionnement :
 - > intersection des deux courbes
 - > courant dans la diode (et le circuit)
 - > tension aux bornes de la diode

Mosfet en commutation

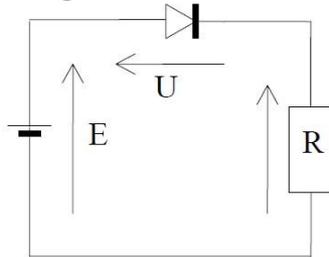
Composant transistor

Montages à diodes

Composant diode

• Exemple de calcul du courant dans la diode

- Montage et caractéristique de la diode:

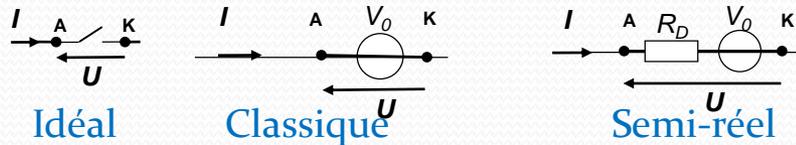


$E=12V ; R=40\Omega$

- Déterminer graphiquement les éléments du modèle de la diode (V_o et R_D)

- $V_o=0,65V ; R_D = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1,32-0,65}{0,400-0} = \frac{0,67}{0,4} = 1,675\Omega$

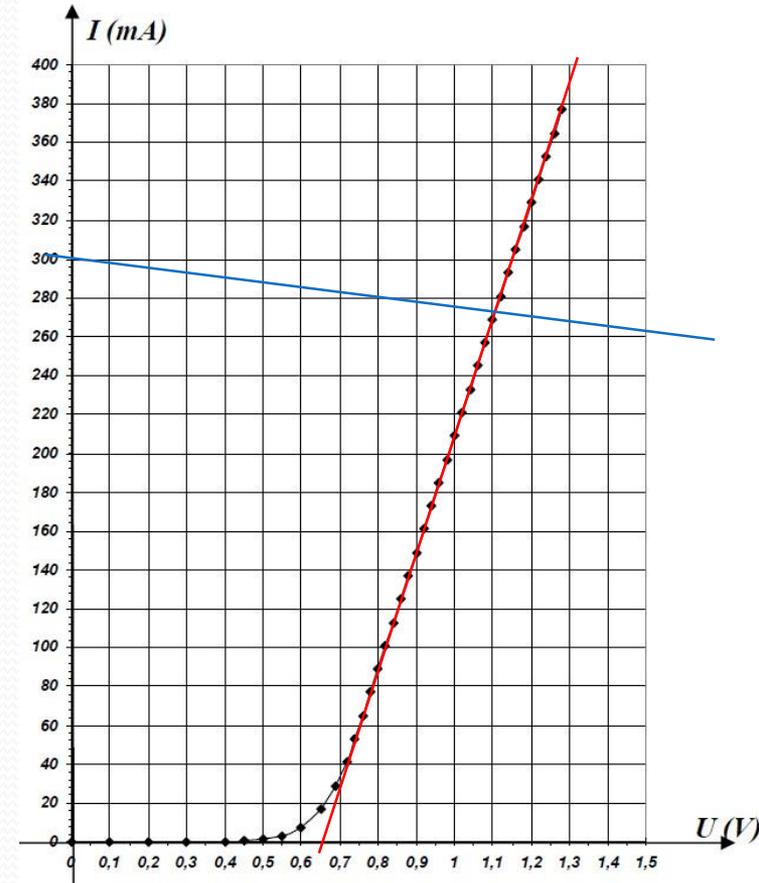
- En déduire les trois modèles possibles de la diode



- **Idéal** **Classique** **Semi-réel**

- Avec chacun des 3 modèles, calculer le courant dans la diode. Comparer à la valeur trouvée graphiquement grâce à la droite de charge.

- Avec la droite de charge : $U=1,11 V$ et $I=272 mA$
- Idéal : $U=0 V$ et $I=12/40=300 mA$ **erreur 10,3 %**
- Classique : $U= 0,65V$ et $I=(12-0,65)/40=284 mA$
- Semi-réel : $I=(12-0,65)/(40+1,675)= 273 mA$ et $U=0,65+1,675 \cdot 0,273=1,11 V$ **erreur 0,3 %**



erreur 4,1 %

Exemple de détermination de la valeur de la résistance associée à la diode (ex en ER)

- Déterminer la valeur du courant dans la led

Electrical / Optical Characteristics at TA=25°C

Symbol	Parameter	Emitting Color	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
λ_{peak}	Peak Wavelength	Hyper Red	645		nm	$I_F=20mA$
$\lambda_D [1]$	Dominant Wavelength	Hyper Red	630		nm	$I_F=20mA$
$\Delta\lambda_{1/2}$	Spectral Line Half-width	Hyper Red	28		nm	$I_F=20mA$
C	Capacitance	Hyper Red	35		pF	$V_F=0V, f=1MHz$
$V_F [2]$	Forward Voltage	Hyper Red	1.95	2.5	V	$I_F=20mA$
I_R	Reverse Current	Hyper Red		10	μA	$V_R=5V$

- Pour l'éclairage recommandé par le constructeur $I_F=20mA$

- Pour un autre éclairage, modifier le courant

Exemple ici pour moitié d'éclairage $I_F=10mA$

- Déterminer la valeur de la tension aux bornes de la diode

- Pour l'éclairage recommandé par le constructeur

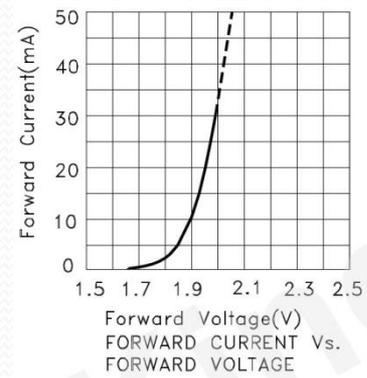
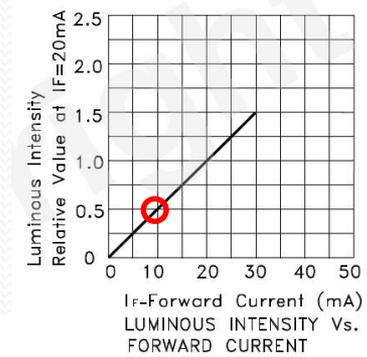
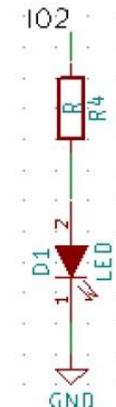
V_F donné (typique) ici $V_F=1,95V$

- Pour un autre courant, il faut utiliser la caractéristique de la diode. Ici pour $I_F=10mA$ on trouve $V_F=1,9V$.

- Déterminer la valeur de la résistance

- Pour $I_F=20mA$, $R=(5-1,95)/0,02= 152 \Omega$

- Pour $I_F=10mA$, $R=(5-1,90)/0,01= 310 \Omega$



Mosfet en commutation

Composant transistor

Montages à diodes

Composant diode

Différentes diodes, utilisation

• Diode de signal

- Utilisée dans des usages courants en électronique (basse tension), par exemple pour faire un « et » câblé.
- Ordre de grandeur des caractéristiques (1N4148) :
 - $V_F=0,73V$ typique pour un courant de 10mA ;
 - $V_R=75V$ (tension inverse) ;
 - I_F 300mA maxi et 200mA moyen maxi
 - $t_{RR}=4ns$ (Reverse Recovery Time)

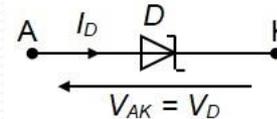
• Diode de redressement

- Diode de redressement standard (1N4007) :
 - $V_F=0,93V$ typique pour un courant de 1A ;
 - $V_R=1000V$ (tension inverse) ;
 - I_F 1A moyen maxi
 - $t_{RR}=NC$
- Diode de redressement rapide (STTH20003TV) :
 - $V_F=1,25V$ maxi pour un courant de 100A à 25°C ;
 - $V_R=1000V$ (tension inverse) ;
 - I_F 100A moyen maxi
 - $t_{RR}=90ns$ maxi

• Diode SCHOTTKY

- **Avantages :** Tension de seuil moins importante et temps de commutation plus rapide. Ces diodes sont utilisées en haute fréquence.

- **Symbole :**



- Ordre de grandeur des caractéristiques (BAS40) :

- $V_F=0,45V$ typique pour un courant de $10mA$; $V_R=40V$ (tension inverse) ; I_F $200mA$ moyen maxi ; $t_{RR}=4ns$ (Reverse Recovery Time)

• Diode électroluminescente (LED ou DEL)

- **Mécanisme :** La recombinaison d'un électron et d'un trou d'électron dans un semi-conducteur conduit à l'émission d'un photon. Une diode électroluminescente est une jonction P-N qui doit être polarisée en sens direct lorsqu'on veut émettre de la lumière.

- **Symbole :**

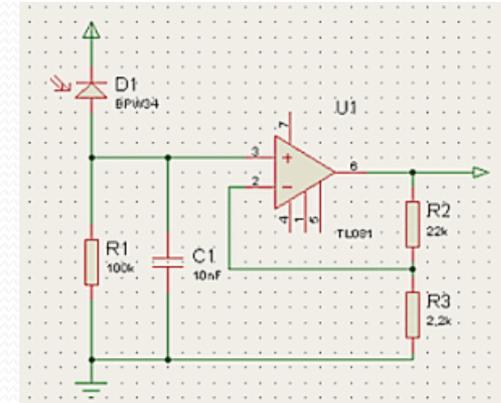


- **Différentes Leds :** De nombreuses familles de leds en fonction de l'utilisation.

- Utilisation pour signaler (fonctionnement, activité, ...) choix en fonction de la couleur et la consommation de courant (led standard \Leftrightarrow $20mA$ environ, led faible consommation \Leftrightarrow 1 ou 2 mA).
- Utilisation en éclairage (130 lumens/watts contre 15 pour des ampoule à filament), choix en fonction de la couleur (ou température de couleur pour le blanc) et en fonction de la luminosité ou éclairement (lux ou lumens).
- Tension de seuil différente en fonction de la couleur. V_F vaut environ $1,6V$ pour des Leds Infra rouge et jusqu'à $3,5V$ pour du blanc (de $1,8V$ à $2,4V$ pour les couleurs utilisée en signalement).

• Photo-diode

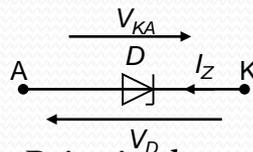
- **Utilisation :** Fonctionnement en mode inverse, courant faible et petites variations de courant dues aux changements de lumière.
- **Mécanisme :** Les photons lumineux contribuent à augmenter le courant inverse I_S .
- **Utilisation :** Les photodiodes sont d'excellents détecteurs de lumière. Elles trouvent leur application dans la mesure quantitative de la lumière, la télécommande ou la transmission de données à distance (exemple le Lifi).



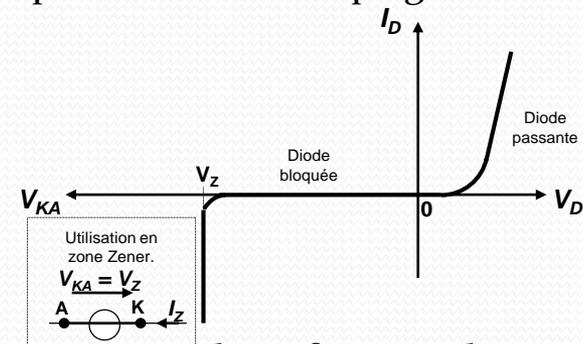
• Diode Zener

- **Utilisation :** Elle s'utilise dans la polarisation inverse où les notations changent et deviennent $V_{KA} = -V_D$ et $I_Z = -I_D$. Dans ce sens, cette diode ne présente pas de zone de claquage :
 - Si $V_{KA} < V_Z$, alors $I_Z = 0$ (interrupteur ouvert).
 - Sinon $V_{KA} = V_Z$, quel que soit le courant I_Z le traversant.
 - V_Z s'appelle la tension zener.

- **Symbole :**



- **Utilisation :** Principalement pour écrêter des tensions ou pour créer des références de tension. Mais attention, La valeur de V_Z est fortement dépendante de la température de la diode.



Principaux montages à diode

• Redressement

- Conversion alternatif -> continu.
- Alimentations linéaires, alimentations à découpage

• Affichage ou éclairage

- Utilisations de leds
- Critères : intensité lumineuse, couleur, courant, ...

• Protection

- Inversion de polarité
- Diode de roue libre
- Ecrêteur (surtensions)

• Référence de tension

- Diode Zener utilisée en inverse

• Détection de tension

- Détecteur de crête de tension

• Porte logique ou « aiguillage »

- Economie d'un CI
- Plusieurs sources d'alimentation sur une carte électronique

Mosfet en commutation

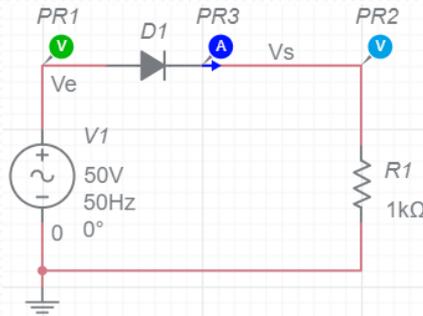
Composant transistor

Montages à diodes

Composant diode

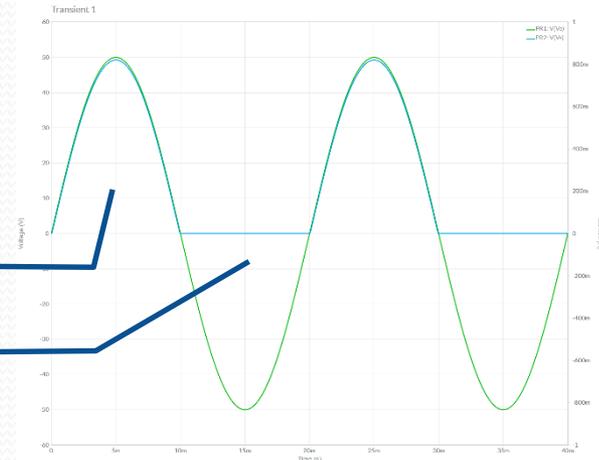
• Redressement (détaillé dans la partie de cours énergie)

- Redressement simple alternance :

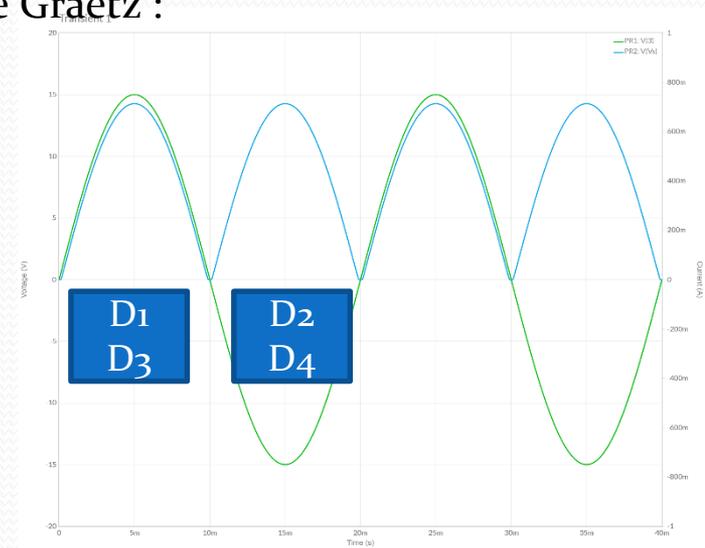
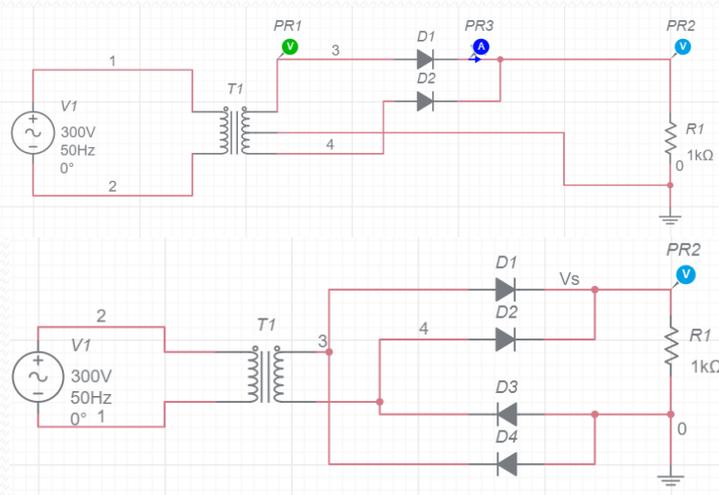


Diode passante

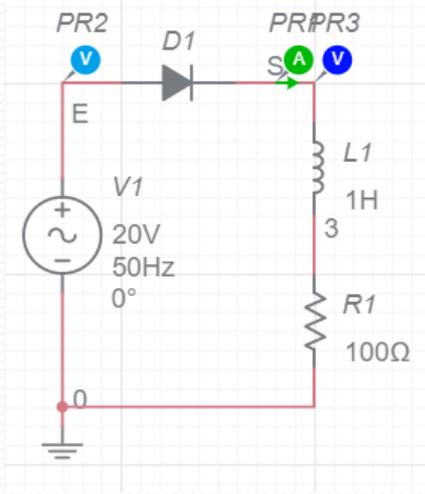
Diode bloquée



- Redressement double alternance avec transformateur à point milieu :
- Redressement double alternance par pont de Graetz :



- Redressement , attention au blocage des diodes



Tension sur la charge RL

Courant dans le circuit

$V_1 > V_{seuil}$
Mise en conduction de la diode

$I \text{ dans la diode} = 0$
Blocage de la diode

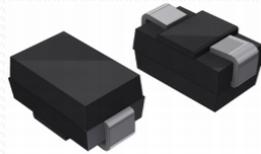


Il faut chercher quand $I_d = 0$

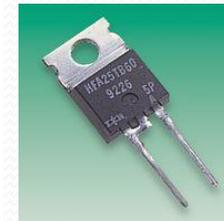
Mosfet en commutation
Composant transistor
Montages à diodes
Composant diode

Exemples de diodes de redressement

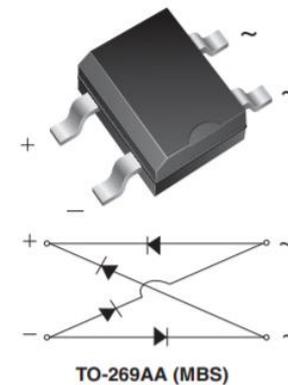
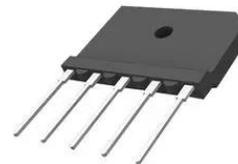
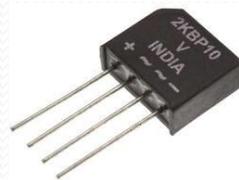
➤ Diodes :



Characteristics	Symbol	Values	Unit
Maximum Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	1000	V
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	700	
Maximum DC Blocking Voltage	V_{DC}	1000	
Maximum Average Forward Rectified Current @ $T_L = 100^\circ\text{C}$	$I_{(AV)}$	1	A
Peak Forward Surge Current, 8.3ms Single Half Sine-Wave, Superimposed on Rated Load (JEDEC Method)	I_{FSM}	30	A
I^2t Rating for Fusing ($t < 8.3\text{ms}$)	I^2t	3.7	A^2s
Peak Forward Voltage at 1A DC (Note1)	V_F	1.1	V



➤ Pont de diodes intégré :

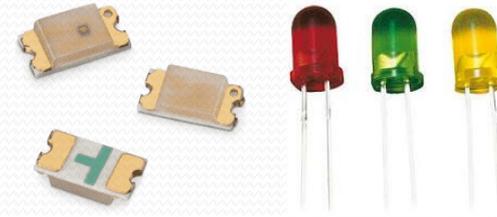


PRIMARY CHARACTERISTICS	
Package	TO-269AA (MBS)
$I_{(AV)}$	0.5 A
V_{RRM}	200 V, 400 V, 600 V
I_{FSM}	35 A
I_R	5 μA
V_F at $I_F = 0.4 \text{ A}$	1.0 V
$T_J \text{ max.}$	150 $^\circ\text{C}$
Diode variations	Quad

• Affichage, éclairage, communication (IR)

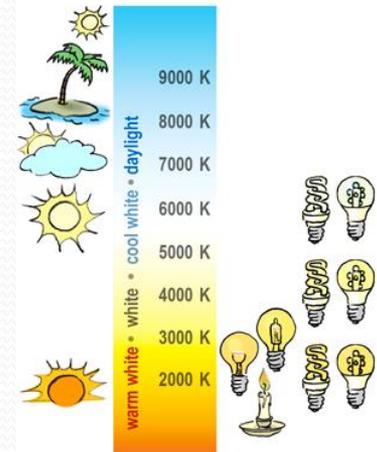
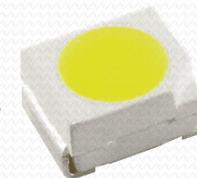
➤ Signalisation

- Tension de seuil dépend de la couleur
Ex : Rouge, jaune 2V ; vert, bleu 3,2V ;
- Faible courant ou non, intensité lumineuse différente
Standard 20 mA, faible qq's mA
Ex : 2 mA et 3,6 mcd (Candela) ; 20 mA et 18 mcd ; ...



➤ Eclairage, température de couleur

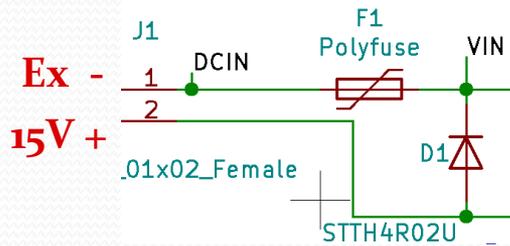
- Température froide (degré élevé) -> tire vers le bleu
- Température chaude (degré plus faible) -> tire vers le jaune
- Flamme de bougie : ~2000 K
- Ampoule incandescente classique : ~2700 K
- Ampoule halogène : ~2900 K
- Ampoules fluocompactes « économes » : de 2400 K à 6500 K
- Ampoules LED : de 2400 K à 6500 K



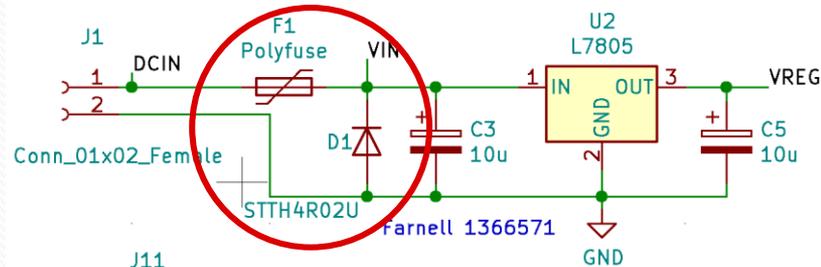
Principaux montages à diodes

• Protection

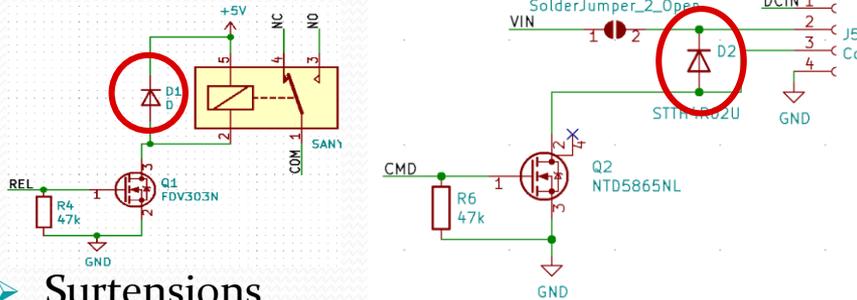
- Inversion de polarité (Carte Saé)



**D1 passante, $V_{IN}=0$ et pas -15V
Le fusible déclenche**

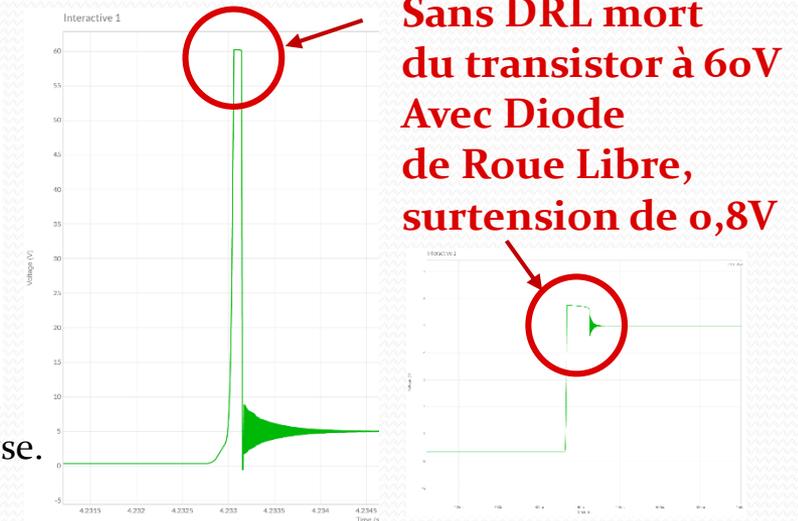


- Diode de roue libre



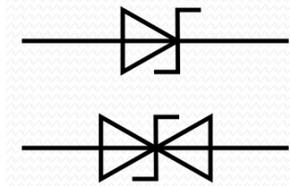
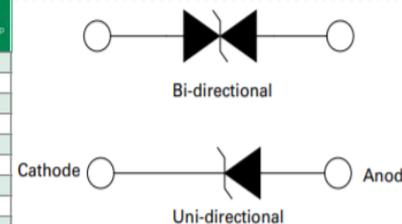
- Surtensions

Diode Zener ou diode transil (plus abrupte) en inverse.



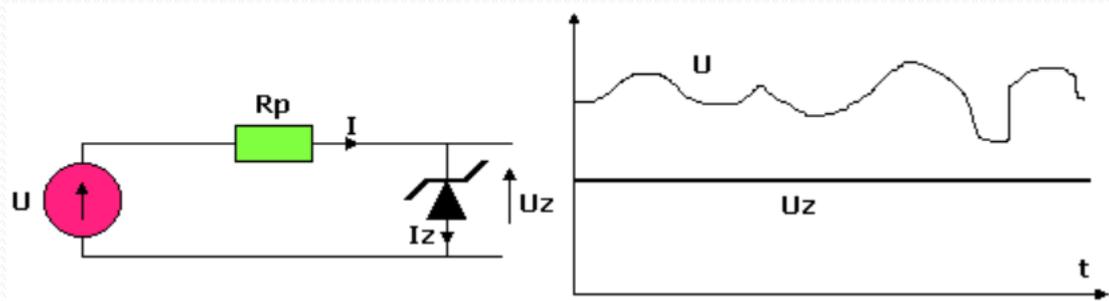
**Sans DRL mort
du transistor à 60V
Avec Diode
de Roue Libre,
surtension de 0,8V**

Part Number (Uni)	Part Number (Bi)	Marking		Reverse Stand off Voltage V_R (Volts)	Breakdown Voltage V_{BR} (Volts) @ I_T		Test Current I_T (mA)	Maximum Clamping Voltage V_C @ I_{CP} (V)	Maximum Peak Pulse Current I_{PP} (A)
		UNI	BI		MIN	MAX			
SMCJ5.0A	SMCJ5.0CA	GDE	BDE	5.0	6.40	7.00	10	9.2	163.0
SMCJ6.0A	SMCJ6.0CA	GDG	BDG	6.0	6.67	7.37	10	10.3	145.7
SMCJ6.5A	SMCJ6.5CA	GDK	BDK	6.5	7.22	7.98	10	11.2	134.0
SMCJ7.0A	SMCJ7.0CA	GDM	BDM	7.0	7.78	8.60	10	12.0	125.0
SMCJ7.5A	SMCJ7.5CA	GDP	BDP	7.5	8.33	9.21	1	12.9	116.3
SMCJ8.0A	SMCJ8.0CA	GDR	BDR	8.0	8.89	9.83	1	13.6	110.3
SMCJ8.5A	SMCJ8.5CA	GDT	BDT	8.5	9.44	10.40	1	14.4	104.2
SMCJ9.0A	SMCJ9.0CA	GDV	BDV	9.0	10.00	11.10	1	15.4	97.4
SMCJ10A	SMCJ10CA	GDX	BDX	10.0	11.10	12.30	1	17.0	88.3



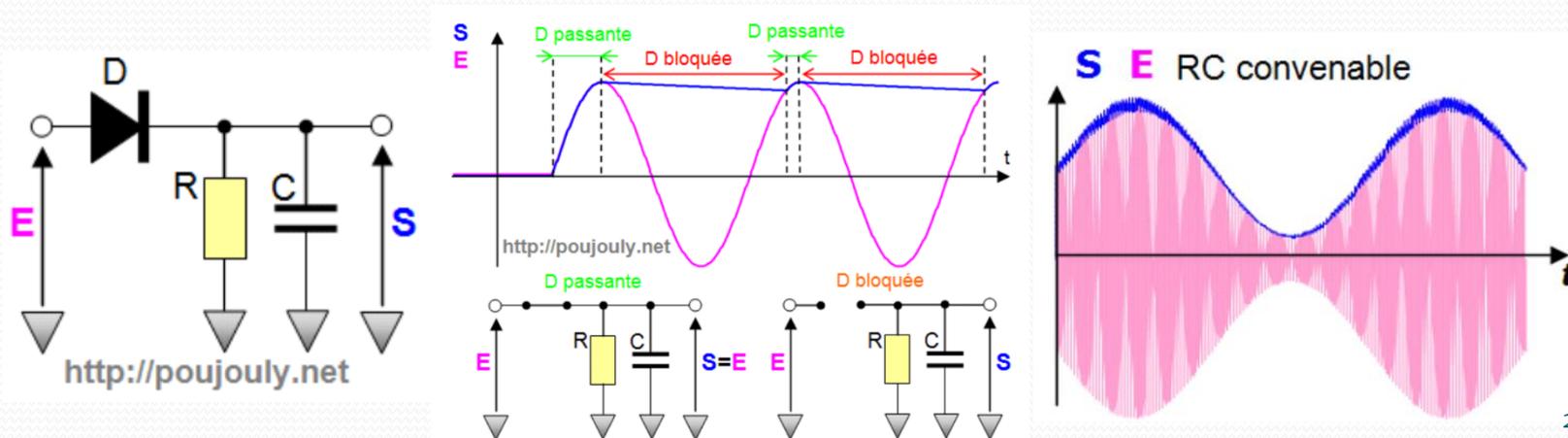
• Référence de tension

- Diode Zener en inverse + résistance pour limiter le courant
- Par exemple pour fournir une référence de tension à un convertisseur analogique numérique.



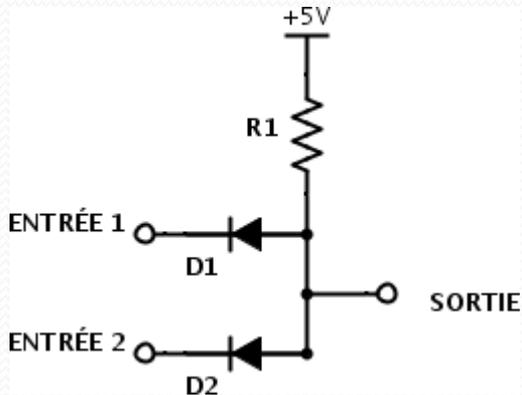
• Détection de tension

- Détecteur crête utilisé en démodulation par exemple.

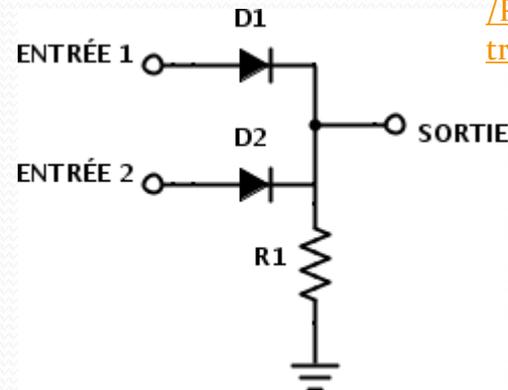


• Fonctions logiques ou « aiguillage »

➤ Fonction ET

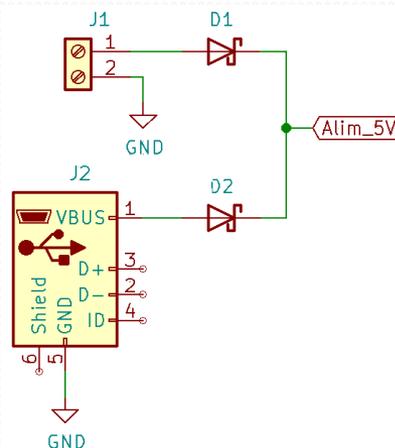


Fonction OU



<http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/o2/electro/familleDRL.html>

- Quand on a plusieurs sources d'alimentations, exemple USB + alim externe
- Utilisation de diodes Schottky pour avoir une faible chute de tension



Alimentation de la carte par bornier ou par USB

Risque de court-circuit si les deux alim en même temps

Le courant ne peut pas rentrer sur l'alim

L'alimentation la plus grande => bloque la deuxième diode

$\text{Alim}_{5V} = \text{Alim}_{la_+grande} - 0,3 \text{ V environ}$

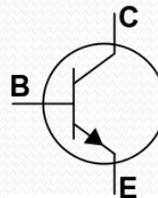
Différents transistors

• Présentation, constitution, symboles

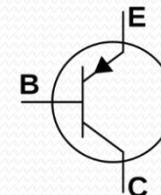
- Le transistor est une source de courant commandée (dans sa partie linéaire)
 - ✓ C'est cela l'effet transistor, on amplifie le courant
 - ✓ Transistor bipolaire \Rightarrow commandé par un courant
 - ✓ Transistor à effet de champ \Rightarrow commandé par une tension
 - ✓ Le composant a **3 broches**

➤ Symboles :

1. Transistor **bipolaire NPN**



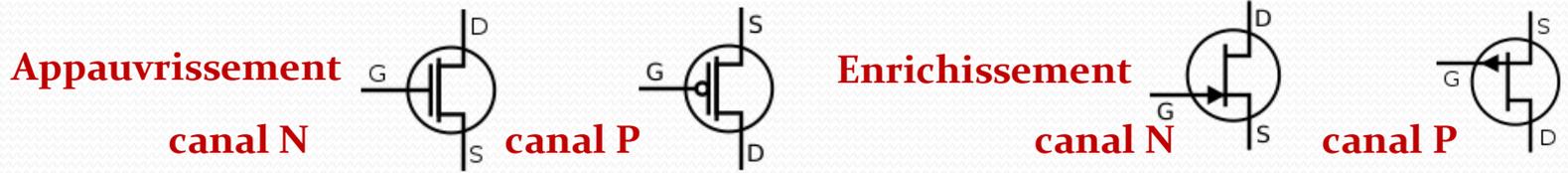
PNP



- ✓ 3 broches : **E : émetteur, C : collecteur, B : base**
- ✓ La flèche représente le sens du courant
- ✓ L'émetteur est la broche avec la flèche

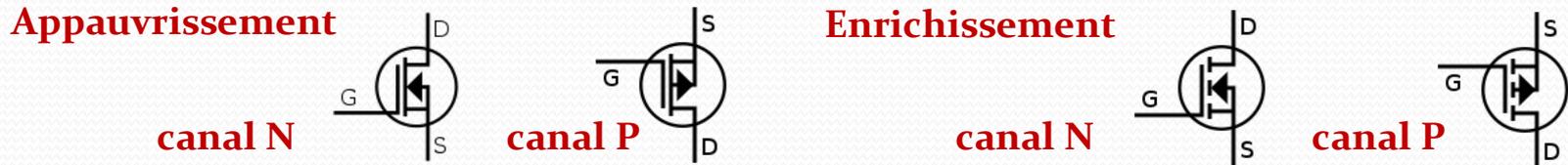
➤ Symboles (suite) :

2. Transistor à effet de champ : **JFET** (Junction Field Effect Transistor)



- ✓ 3 broches : **G : grille, D : drain, S : source**
- ✓ Appauvrissement \Rightarrow canal naturellement passant sans polarisation de la grille \Rightarrow ||
- ✓ Symétrique source et drain

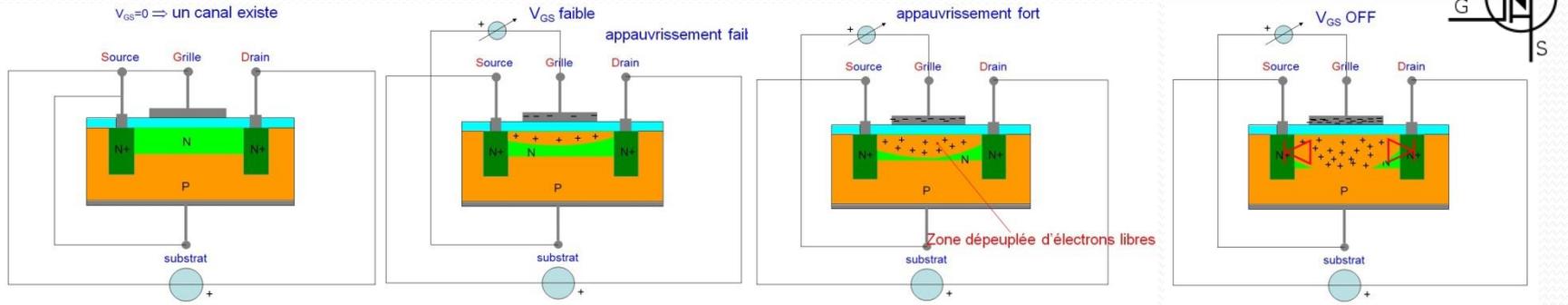
3. Transistor à effet de champ : **MOSFET** (Metal Oxyde Semiconductor Field Effect Transistor)



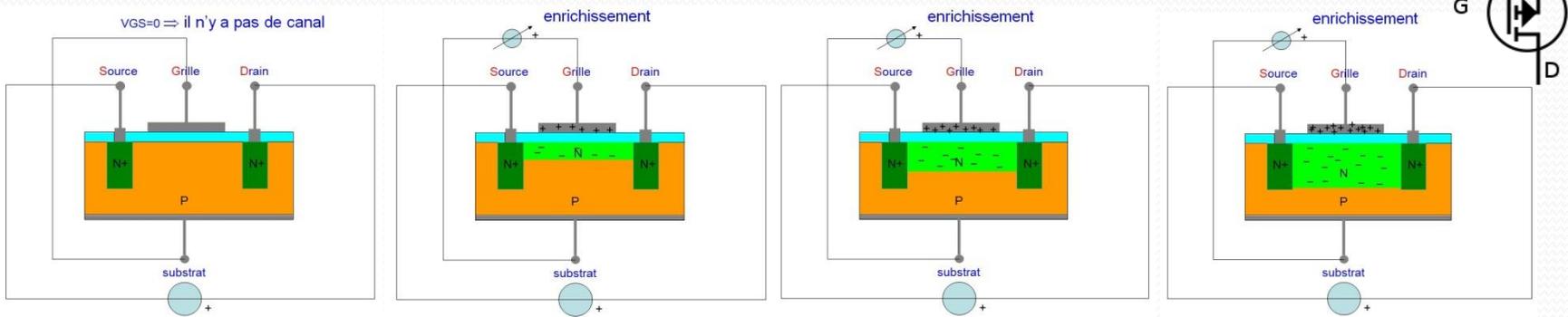
- ✓ Appauvrissement \Rightarrow canal naturellement passant sans polarisation de la grille \Rightarrow ||
- ✓ Enrichissement \Rightarrow canal naturellement bloqué sans polarisation de la grille \Rightarrow | $\bar{}$ |
- ✓ La source est la broche avec la flèche (substrat)
- ✓ Canal N, la flèche va de S vers G ; canal P, la flèche va de G vers S

• Fonctionnement du transistor MOSFET

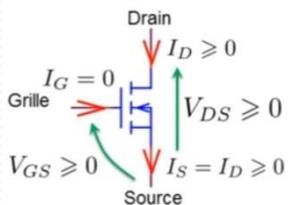
- Tension de commande appliquée entre la grille et le substrat
Donc V_{GS} ➔ **commande en tension pas en courant (BJT)**
- Création d'un champ électrique donc accumulation de charges : Dans la grille et dans le canal
- Exemple canal N à appauvrissement



➤ Cas du canal P à enrichissement



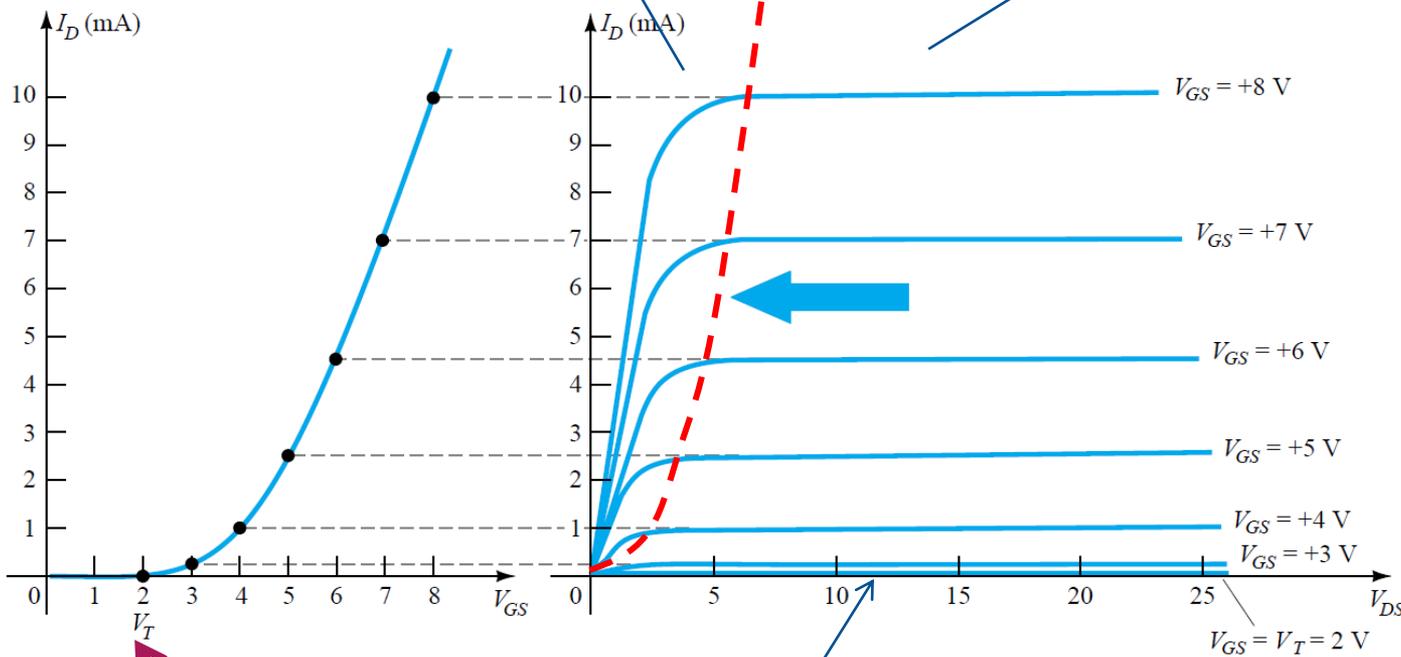
• Caractéristique MOSFET à enrichissement canal N



Transistor non pincé (régime linéaire)

$$V_{ds} \geq V_{gs} - V_T$$

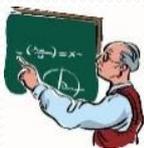
Transistor pincé (ou « saturé »)



Transistor bloqué ($I_D=0$)

À retenir:

- On travaille avec $V_{GS} \geq 0$
- tant que V_{GS} n'a pas atteint le seuil V_T le transistor est bloqué

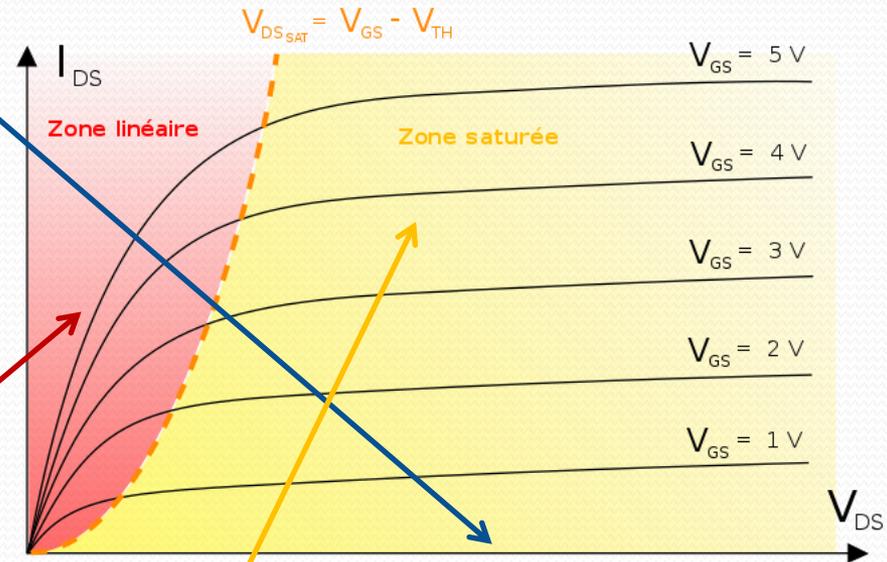
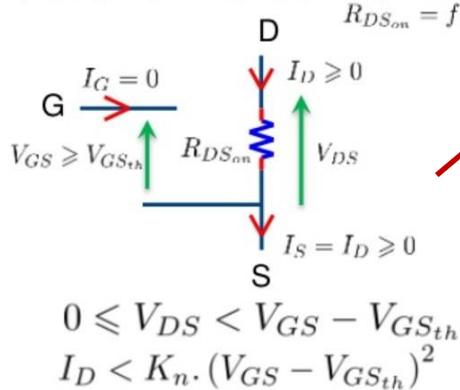


Mosfet en commutation
Composant transistor
Montages à diodes
Composant diode

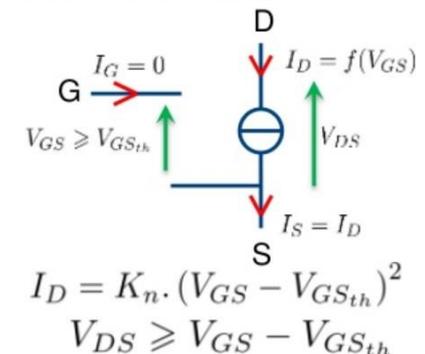
• Différents régimes de fonctionnement

- Transistor bloqué :
 - $I_{DS}=0$ quelque soit V_{DS}
 - Pour un MOSFET canal N
 - $V_{GS} \leq V_T = V_{GSTh}$
- Zone ohmique :

Modèle du MOSFET en zone ohmique



Modèle du MOSFET en régime de saturation de courant



- Régime de saturation (de courant) ou zone de pincement

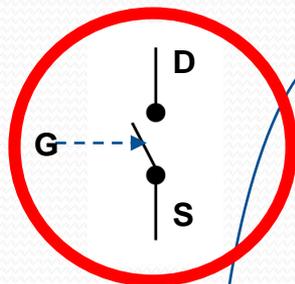
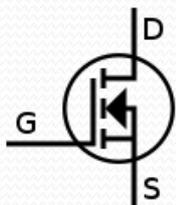
Transistor MOSFET en commutation

- Cas d'un MOSFET à enrichissement canal N

- Transistor bloqué si

$$V_{GS} \leq V_T = V_{GSTh}$$

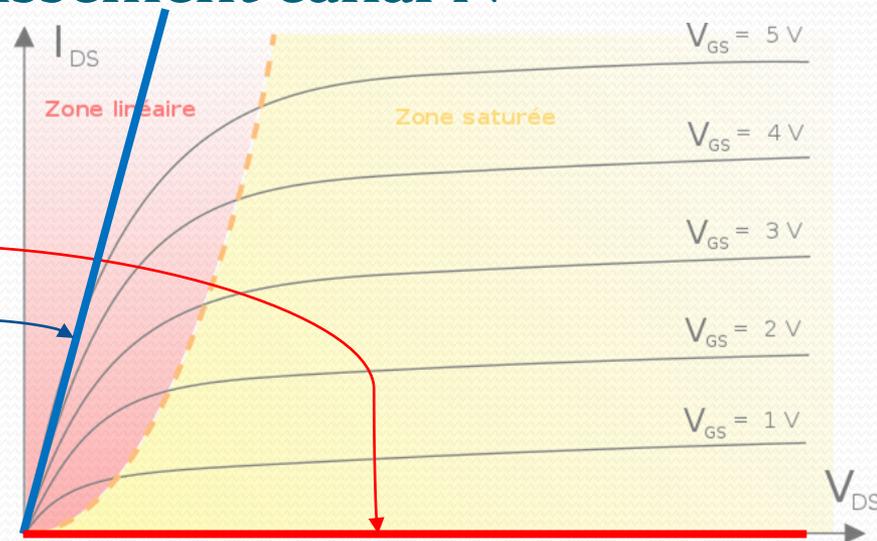
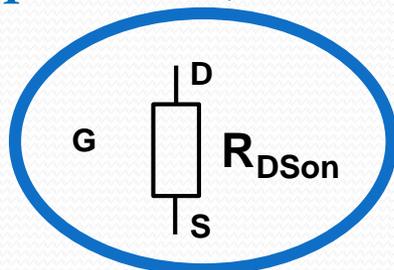
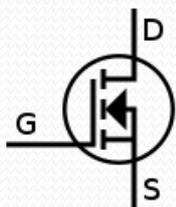
$V_{GS} = 0$ Transistor bloqué



- Transistor passant si

$$V_{GS} > V_T = V_{GSTh}$$

Transistor passant (zone ohmique, pente de la droite)



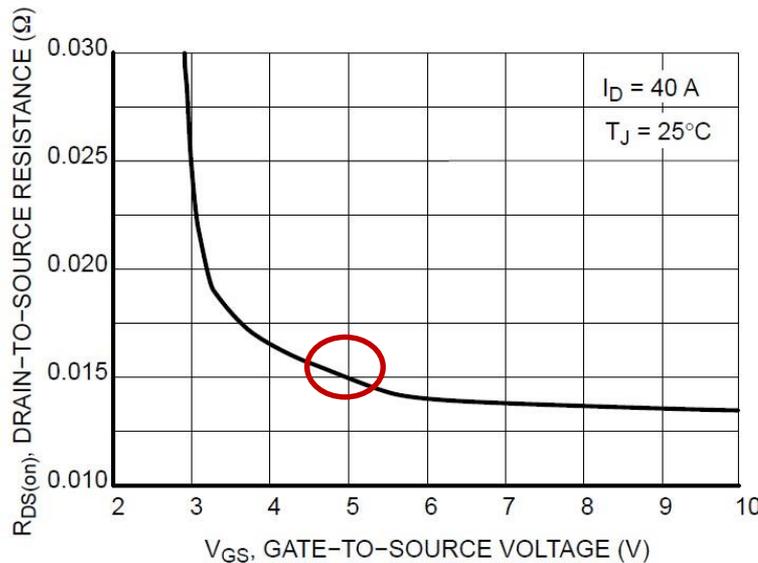
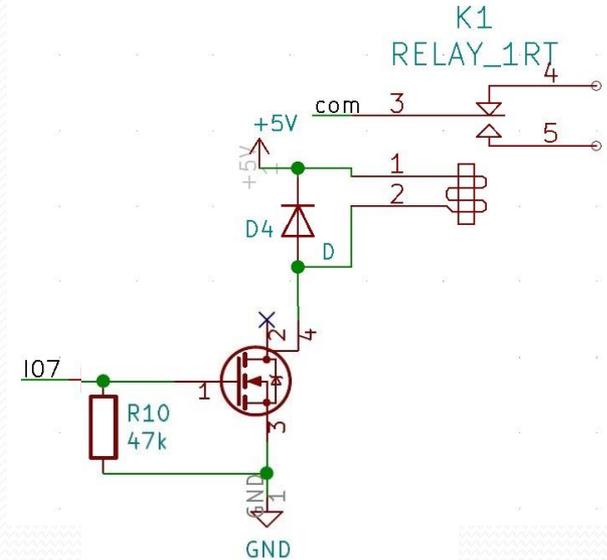
Utilisation : MOSFET à enrichissement canal N

➤ Exemple : commande d'un relais par un transistor MOS (NTD5865NL)

➤ Transistor bloqué si $V_{GS} \leq V_T = V_{GSTh}$

➤ Quand $V_{GS} = 5V$ zone ohmique

Gate Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}, I_D = 250 \mu A$	1.0	2.0	V
Input Capacitance	C_{iss}	$V_{GS} = 0V, f = 1.0 MHz$	1400		pF



$$R_{DSon} = 0,015 \Omega$$

$$R_{relais} = 70 \Omega$$

$$\text{Donc } I_{relais} = 5 / 70,015 = 71 \text{ mA}$$

$$V_{DS} = 5 * 0,015 / 70,015 = 1,07 \text{ mV}$$

NB1 : IG très faible ($\approx 400 \text{ nA}$ ici)

R10 pour imposer 0 s'il n'y a pas d'entrée et pour la décharge de la capacité

$$C_{GS} \text{ ou } C_{in} = 1400 \text{ pF} \rightarrow \tau = 68,8 \mu s$$

Ex : coupure d'alimentation

- Commander la tension batterie
- Mosfet canal P à enrichissement
 - ⇒ Naturellement bloqué
 - ⇒ Courant de S vers D ($I_D < 0$)
 - ⇒ V_{GS} négatif pour le commander

- Seuil de commande $V_{GS(Th)}$
Typ : -2,5V ; Max : -3,5V

- $R_{DS(ON)}$ quelques mΩ ($R_{DS(ON)} < 15 \text{ m} \Omega$ pour 5V)

- Montage proposé ($V_{BATT}=5V$)

⇒ Quand $V_{P1}=5V$, $V_{GS}=-V_{SG}=0V$
Le transistor est bloqué

⇒ Quand $V_{P1}=0V$,

$$V_{GS}=-V_{SG}=\frac{-5 \cdot 100 \cdot 10^3}{220+100 \cdot 10^3} = -4,989V$$

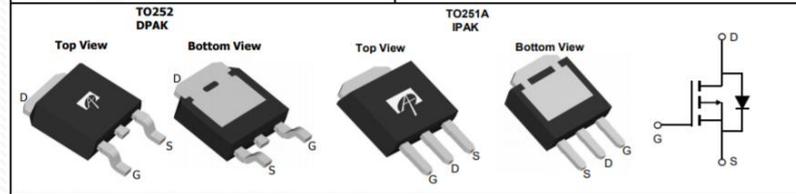
$R_{DS(ON)} < 15 \text{ m} \Omega$, chute de tension de 15 mV/A consommé

General Description

The AOD403/AOI403 uses advanced trench technology to provide excellent $R_{DS(ON)}$, low gate charge and low gate resistance. With the excellent thermal resistance of the DPAK/IPAK package, this device is well suited for high current load applications.

Product Summary

V_{DS}	-30V
I_D (at $V_{GS} = -20V$)	-70A
$R_{DS(ON)}$ (at $V_{GS} = -20V$)	< 6.2mΩ (< 6.7mΩ')
$R_{DS(ON)}$ (at $V_{GS} = -10V$)	< 8mΩ (< 8.5mΩ')



Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
STATIC PARAMETERS						
BV_{DSS}	Drain-Source Breakdown Voltage	$I_D = -250\mu A, V_{GS} = 0V$	-30			V
I_{DSS}	Zero Gate Voltage Drain Current	$V_{DS} = -30V, V_{GS} = 0V$ $T_J = 55^\circ C$			-1 -5	μA
I_{GSS}	Gate-Body leakage current	$V_{DS} = 0V, V_{GS} = \pm 25V$			± 100	nA
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = -250\mu A$	-1.5	-2.5	-3.5	V

