

Radio-Club de la Haute Île



F5KFF / F6KGL

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

Bienvenue sur le cours de F6KGL

La séance de ce soir porte sur

Technique Chapitre 5

Les diodes et leurs montages

Ce document a servi pour le cours enregistré le **17/03/2023**.

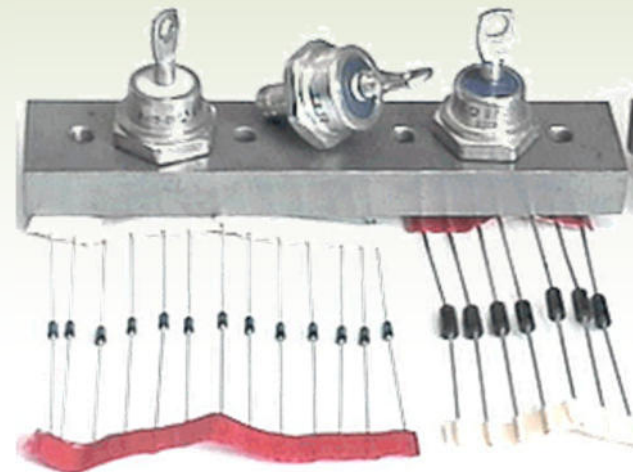
Ce document (*PDF*), le fichier audio (*MP3*) et le lien de la vidéo (*YouTube*)
sont disponibles sur la page <https://f6kgl-f5kff.fr/lespodcasts/>

Les documents de notre site Internet sont mis à disposition selon les termes de la
Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



5-1) diodes

- Après les composants passifs (obéissant à la loi d'Ohm généralisée), nous commençons à étudier les composants actifs (permettant d'augmenter la puissance d'un signal ou d'en modifier la forme)
- Le premier de ces composants est la diode jonction.
 - la diode modifie la forme d'un signal sans en augmenter la puissance
 - sa structure interne sert de base au transistor
 - présentation du composant





5-1) diodes



- Présentation des composants (Datasheet de SKN240 et 1N4004)

SKN 240, SKR 240



Stud Diode

Rectifier Diode

SKN 240 SKR 240

Features

- Reverse voltages up to 1800 V
- Hermetic metal case with glass insulator
- Threaded stud ISO M16 x 1,5
- SKN / SKR 240/04 ... /16 also available with threaded stud 3/4 - 16 UNF (e.g. SKR 240/12 UNF)
- SKN: anode to stud, SKR: cathode to stud

V_{RSM} V	V_{RSM} V	$I_{FRMS} = 500$ A (maximum value for continuous operation) $I_{FAV} = 240$ A (sin. 180; $T_j = 125^\circ\text{C}$)
400	400	SKN 240/04
800	800	SKR 240/08
1200	1200	SKN 240/12
1400	1400	SKR 240/14
1600	1600	SKN 240/16
1800	1800	SKR 240/18

Symbol	Conditions	Values	Units
I_{FAV}	sin. 180; $T_j = 100^\circ\text{C}$	320	A
I_D	K 0.55; $T_j = 45^\circ\text{C}$; B2 / B6	340 / 480	A
	K 0.55F; $T_j = 35^\circ\text{C}$; B2 / B6	620 / 840	A
I_{FSM}	$T_j = 25^\circ\text{C}$; 10 ms	6000	A
	$T_j = 180^\circ\text{C}$; 10 ms	5000	A
P_T	$T_j = 25^\circ\text{C}$; 8.3 ... 10 ms	180000	A's
	$T_j = 180^\circ\text{C}$; 8.3 ... 10 ms	125000	A's
V_F	$T_j = 25^\circ\text{C}$; $I_F = 750$ A	max. 1.4	V
$V_{(TO)}$	$T_j = 180^\circ\text{C}$	max. 0.85	V
r_T	$T_j = 180^\circ\text{C}$	max. 0.6	mΩ
I_{RD}	$T_j = 180^\circ\text{C}$; $V_{RD} = V_{RSM}$	max. 60	mA
Q_{rr}	$T_j = 160^\circ\text{C}$; $-di_F/dt = 10$ A/μs	200	μC
$R_{th(j-c)}$		0.2	KW
$R_{th(c-a)}$		0.03	KW
T_j		-40 ... +180	$^\circ\text{C}$
T_{stg}		-55 ... +180	$^\circ\text{C}$
V_{ref}		-	V-
M_s	to heatsink	30	Nm
a		5 * 9.81	m/s²
m	approx.	250	g
Case		E 15	

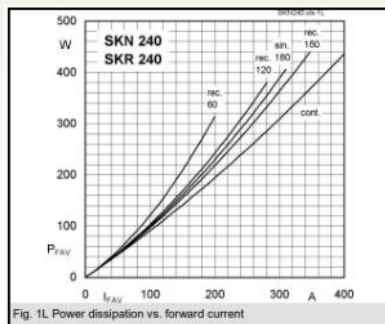


Fig. 1L Power dissipation vs. forward current

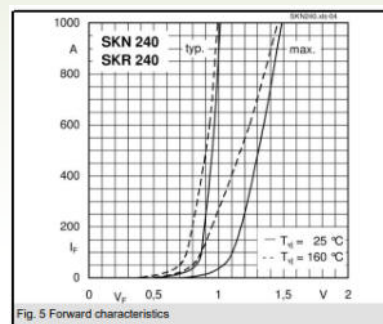


Fig. 5 Forward characteristics

1N4001 THRU 1N4007

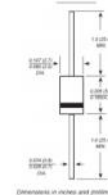
GENERAL PURPOSE SILICON RECTIFIER

Reverse Voltage - 50 to 1000 Volts Forward Current - 1.0 Ampere

FEATURES

- The plastic package carries Underwriters Laboratory Flammability Classification 94V-0
- Construction utilizes void-free molded plastic technique
- Low reverse leakage
- High forward surge current capability
- High temperature soldering guaranteed:
250 $^\circ\text{C}$ /10 seconds 0.375" (9.5mm) lead length, 5 lbs. (2.3kg) tension

DO-41



MECHANICAL DATA

Case: JEDEC DO-41 molded plastic body

Terminals: Plated axial leads, solderable per MIL-STD-750, Method 2026

Polarity: Color band denotes cathode end

Mounting Position: Any

Weight 0.012 ounce, 0.33 grams

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Rating at 25 $^\circ\text{C}$ ambient temperature unless otherwise specified.

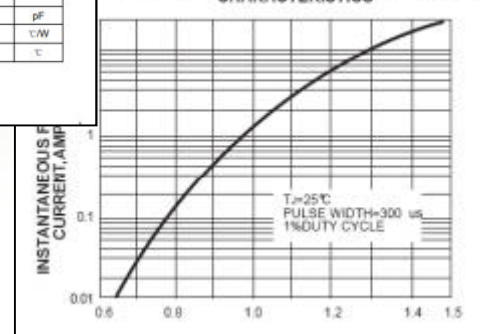
Single phase half-wave 60Hz resistive or inductive load; for capacitive load current derate by 20%.

	SYMBOLS	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNITS
Maximum repetitive peak reverse voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	VOLTS
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	VOLTS
Maximum DC Blocking Voltage	V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	VOLTS
Maximum average forward rectified current 0.375" (9.5mm) lead length at $T_A = 75^\circ\text{C}$	I_{FAV}	1.0							Amps
Peak forward surge current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC Method)	I_{FSM}	30.0							Amps
Maximum instantaneous forward voltage at 1.0A	V_F	1.1							Volts
Maximum DC reverse current $T_A = 25^\circ\text{C}$ at rated DC blocking voltage $T_A = 100^\circ\text{C}$	I_R	5.0							μA
Typical junction capacitance (NOTE 1)	C_J	15.0							pF
Typical thermal resistance (NOTE 2)	$R_{th(j-a)}$	50.0							$^\circ\text{C}/\text{W}$
Operating junction and storage temperature range	T_A, T_{stg}	-65 to +175							$^\circ\text{C}$

Note: 1. Measured at 1MHz and applied reverse voltage of 4.0V D.C.

2. Thermal resistance from junction to ambient at 0.375" (9.5mm) lead length, P.C.B. mounted

FIG. 3-TYPICAL INSTANTANEOUS FORWARD CHARACTERISTICS



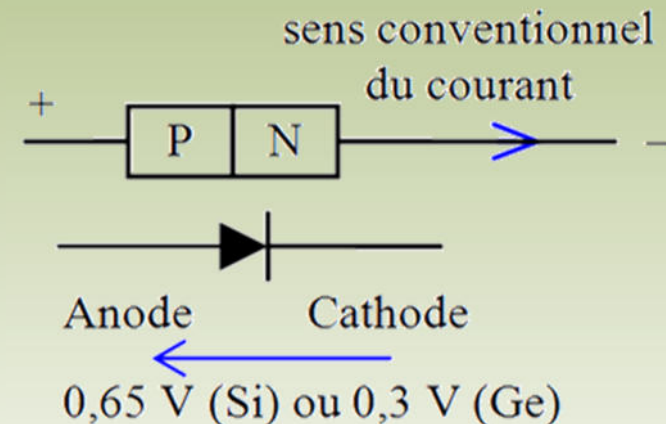
Graphique perturbant avec échelle log des intensités =>

5-1) diodes

- Les diodes sont formées de deux **cristaux semi-conducteurs** en **Silicium** (Si) ou en **Germanium** (Ge) accolés et **dopés** par des **impuretés** de type **P** ou **N**.
- Le courant électrique circule uniquement dans le sens **P $\Rightarrow$ N**.

- La diode est passante si :

- l'anode est reliée au +
- et la cathode est reliée au –



- En sens inverse, la résistance de la diode est très importante
- La cathode de la diode est repérée au « K » du dessin et par une bague de couleur sur le composant.
- Le boîtier métallique des diodes de puissance (*qui peut être vissé sur un radiateur*) est relié à la cathode

Voir aussi page **CNFRA** dans Radio-REF de mai 2010

5-2) courbes et caractéristiques de fonctionnement des diodes

- Pour mieux comprendre les différentes applications des diodes, il faut analyser la **courbe d'intensité** (I_d) **en fonction de la tension** appliquée à leurs bornes (U_d). On

remarque **3 zones** :

- zone **redressement**

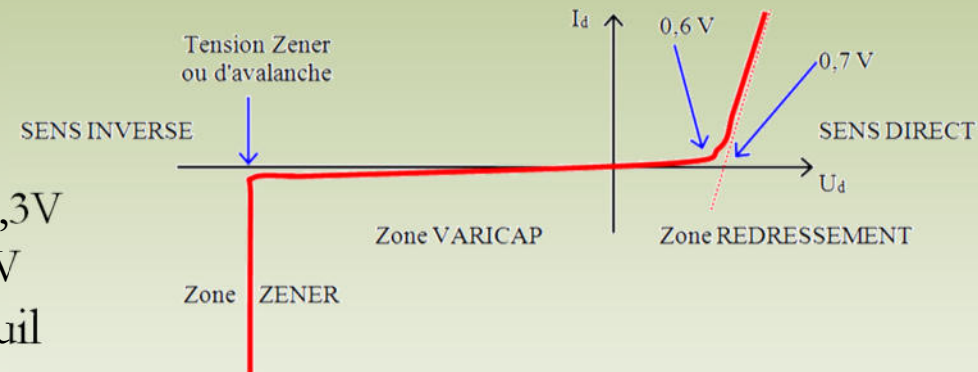
- tension de seuil
 - Germanium = 0,3V
 - Silicium = 0,65 V
- pente au delà du seuil

- zone **Varicap**

- sens inverse
- la barrière de potentiel sert de diélectrique
- plus la tension inverse est importante, plus la capacité est faible*

- zone **Zener**

- tension Zener (*ou tension de claquage, d'avalanche ou disruptive*)
- avalanche, *effet réversible dans le cas des diodes Zener ou destruction pour les autres diodes.*



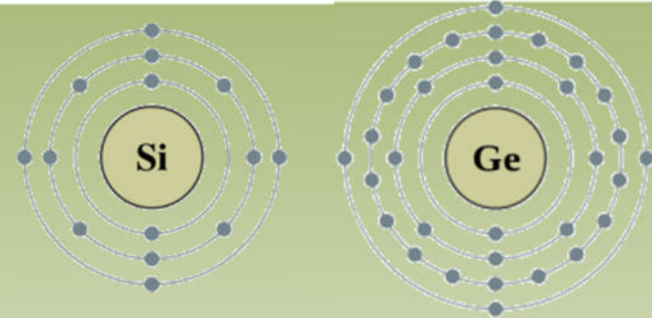
5-2) courbes et caractéristiques de fonctionnement des diodes

Comment ça marche ?

- *Structure interne d'un semi-conducteur*

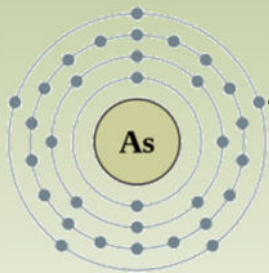
- *Silicium (Si) et Germanium (Ge)*

- *couche externe et liaison covalente*



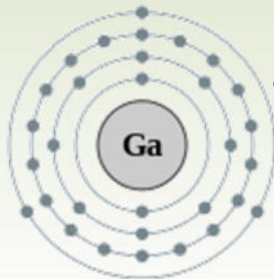
- *Impuretés de type N (excès d'électrons, 5 électrons de valence)*

- *antimoine (Sb)*
- *arsenic (As)*
- *phosphore (P)*



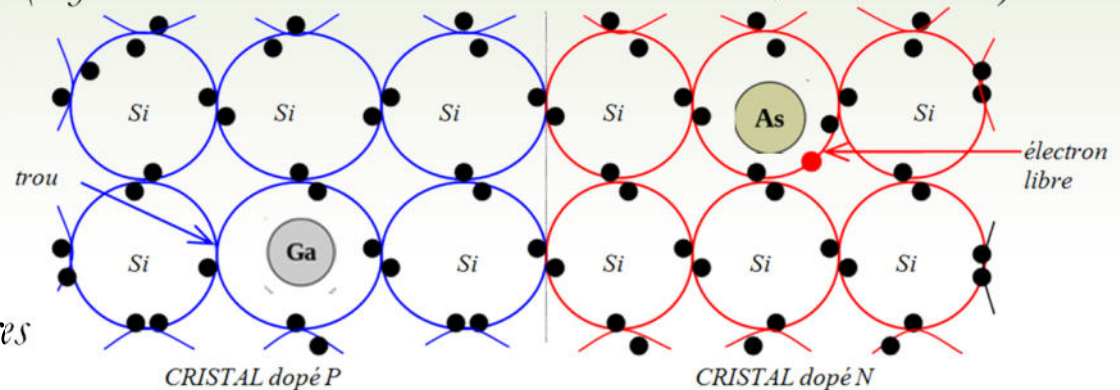
- *Impuretés de type P (déficit d'électrons sur la couche externe, 3 électrons)*

- *gallium (Ga)*
- *bore (B)*



- *Déplacements*

- *des électrons libres*
- *des trous*

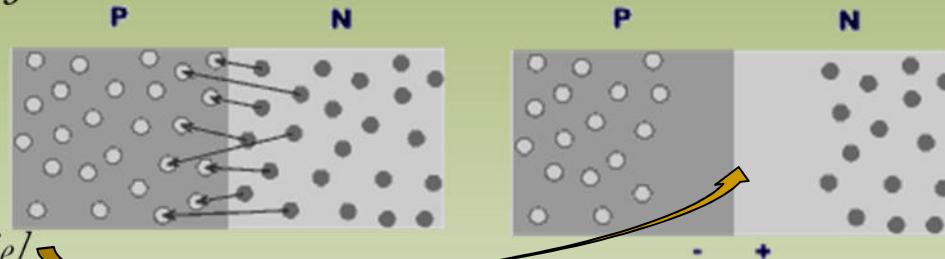


5-2) courbes et caractéristiques de fonctionnement des diodes

- *Le comportement d'une jonction PN*

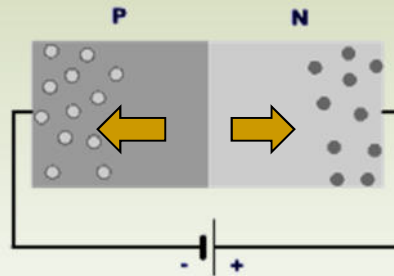
- *au repos ($V_{PN}=0$)*

- *barrière de potentiel*
- *les électrons présents dans N bouchent les trous présents dans P*



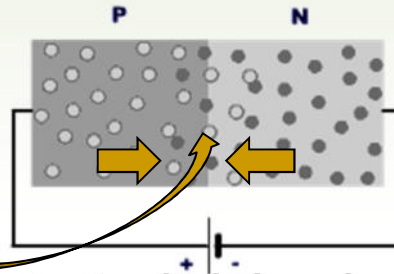
- *sens inverse ($V_{PN}>0$)*

- *N relié au +*
- *P relié au -*



- *sens passant ($V_{PN}<0$)*

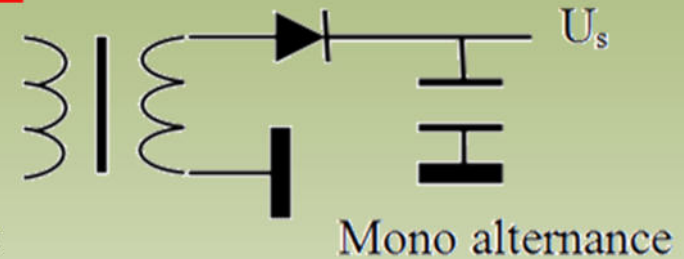
- *tension de seuil*
- *recombinaison*
- *+ génération d'un photon (ou de chaleur, donc de bruit) à chaque recombinaison*



5-3) montages des diodes

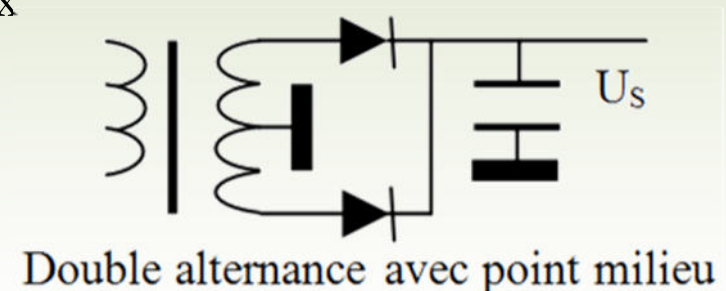
- Redressement **mono-alternance**

- une diode
- une seule alternance redressée
- la seconde alternance est bloquée



- Redressement **double alternance** avec transformateur à point milieu

- transformateur plus volumineux
- et plus coûteux
- le condensateur de filtrage a une valeur plus faible
- chaque alternance passe par une diode, la seconde diode bloque le passage du courant



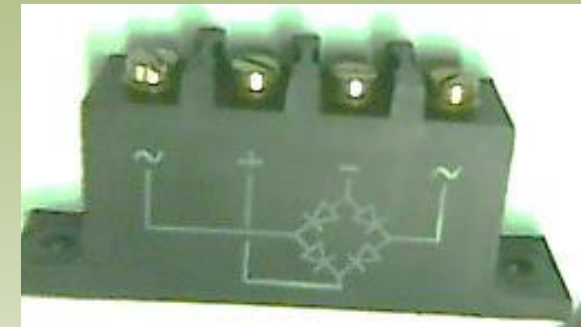
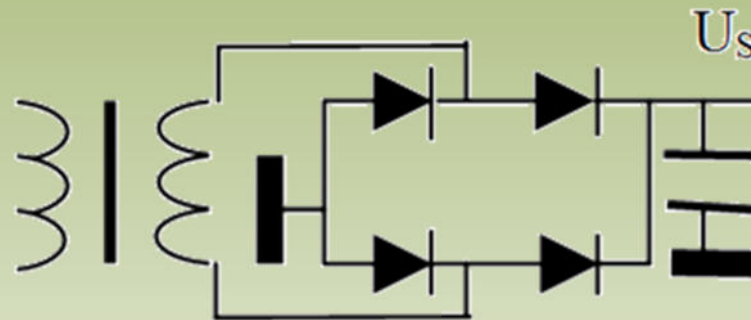
5-3) montages des diodes

- Redressement **double alternance** avec pont de diode



Léo Graetz
1856 – 1941

Die Elektrizität und ihre
Anwendungen (1908)



pont de diodes

- Pont de Graetz
- chute de tension de 2 diodes (environ 2 V)
- attention au sens des diodes : elles sont toutes dirigées vers le condensateur de filtrage
- Pendant une alternance,
 - les diodes des coins opposés fonctionnent en même temps
 - tandis que les deux autres diodes sont bloquées
 - lors de la seconde alternance, les rôles s'inversent et le courant circule dans l'autre sens dans le secondaire du transformateur



5-3) montages des diodes

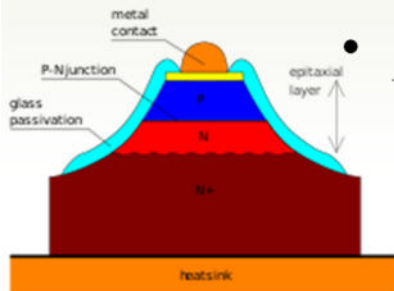
- Circuit bouchon commandé par une Varicap : la diode Varicap se reconnaît à son double trait (condensateur)

- diode montée en sens inverse
- utilisation d'un condensateur d'isolement (C_i) pour séparer la tension de commande de la Varicap

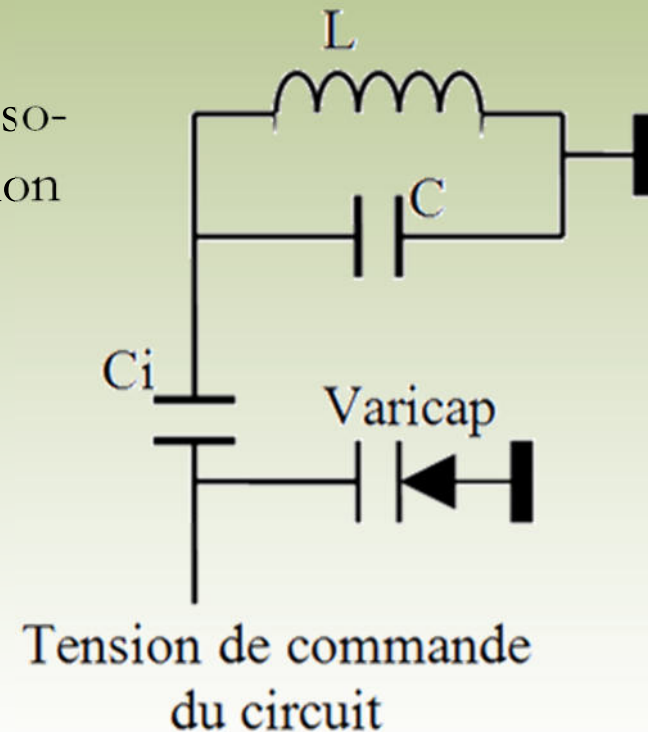


Diode BB109D

- *astuce : une diode Zener (plus courante) possède aussi un effet « Varicap »*

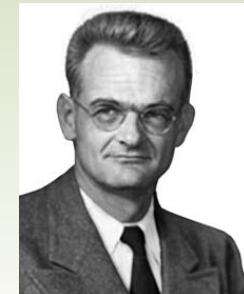
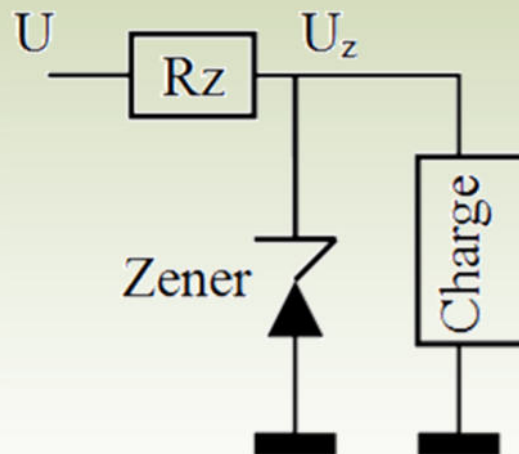


- *pour augmenter la fréquence, il faut diminuer la valeur du condensateur et donc augmenter la tension de commande du circuit.*



5-3) montages des diodes

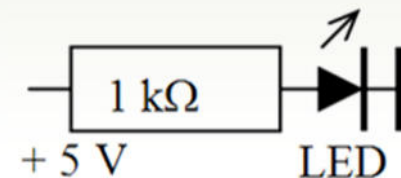
- Stabilisation par diode **Zener**
 - se reconnaît par son Z
 - est montée en sens inverse
 - la résistance R_z limite le courant d'avalanche dans la diode Zener



Clarence Zener
1905 – 1993
Théorie de la tension de claquage d'un milieu diélectrique (1934)

5-3) montages des diodes

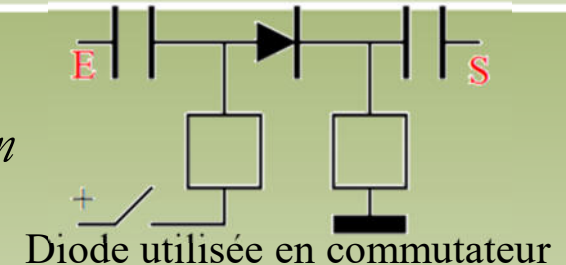
- *Les autres diodes et leurs fonctions :*
 - les **LED** (diodes émettrices de lumière)
 - La recombinaison trou/électron peut générer des photons (transition radiative)
 - La couleur émise et la tension de seuil dépendent du semi-conducteur utilisé :
 - infra-rouge = $1,5\text{ V}$ - arséniure de gallium-aluminium (AlGaAs)
 - rouge = 2 V - AlGaAs
 - jaune = $2,15\text{ V}$ - phospho-arséniure de gallium (GaAsP)
 - vert = 3 V - nitrure de gallium (GaN)
 - bleu = $3,3\text{ V}$ - carbure de silicium (SiC)
 - ultra-violet = $3,1\text{ V}$ - nitrure d'aluminium (AlN)
 - Une résistance limite l'intensité à environ 20 mA



5-3) montages des diodes

- *Les autres diodes et leurs fonctions :*

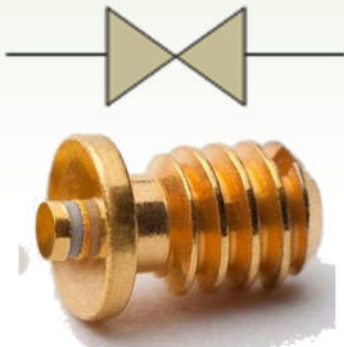
- utilisation d'une diode jonction en commutation (en remplacement d'un relais)
 - les diodes **PIN** (Positif, Isolant, Négatif) sont adaptées pour fonctionner dans les commutateurs HF à la place des diodes jonction classiques.



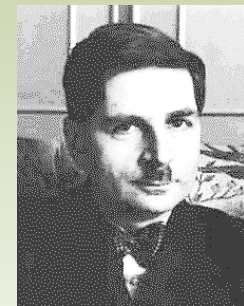
- les diodes **Schottky** : fabriquées à partir d'une liaison entre un semi-conducteur et un métal (comme un détecteur à galène). Leur commutation est très rapide, la tension de seuil est faible (0,25 V) mais la tension inverse est limitée et le courant inverse est plus élevé



- les diodes **Gunn** : utilisation en hyperfréquences (dans les cavités résonantes)



- la diode Gunn n'est presque plus utilisée de nos jours.
- l'instabilité en fréquence des cavités résonantes à diode Gunn ainsi que son bruit de phase élevé en sont les causes principales.



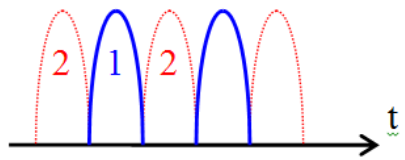
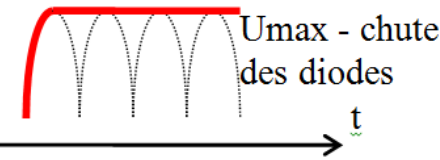
Walter Schottky
 1886 – 1976
 Bases de la physique des semi-conducteurs (1927)

5-4) alimentation

- Les diodes au silicium font chuter la tension d'un peu plus de 0,7 volt à chaque passage (jusqu'à 1 volt), soit près de 2 volts en tout pour un redressement par pont de diodes.



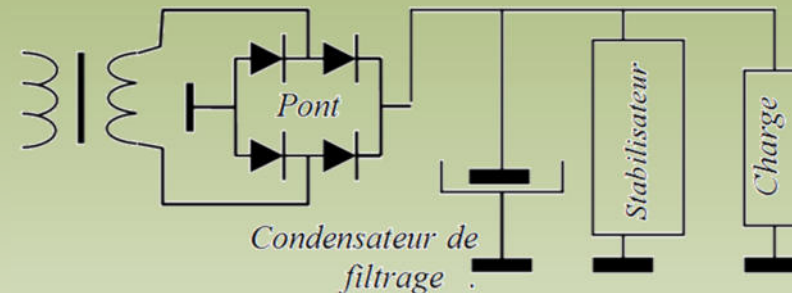
- dans les questions d'examen, **la chute de tension des diodes est souvent négligée**, attention au piège
- le condensateur de filtrage maintient la valeur de la tension de sortie à sa valeur de crête.

Éléments	Redressement par un Pont	Chute de tension des diodes	Lissage du condensateur
Forme du courant			
Calcul	Alternance 2 redressée U_s ne change pas	Passage dans 2 diodes Chute de $2 \times 0,7 \text{ V}$	Filtrage $U_s = (U \times 1,414) - (2 \times 0,7 \text{ V})$

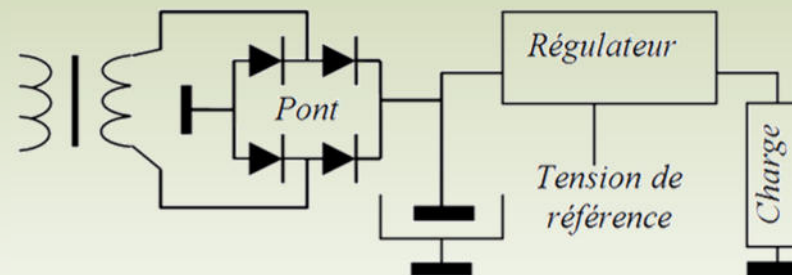
5-4) alimentation

- Après le condensateur de filtrage (de type chimique), on trouve un étage

- de stabilisation



- et/ou de régulation



- la tension de référence est générée par un étage stabilisateur
- La charge est l'ensemble des équipements branchés sur l'alimentation

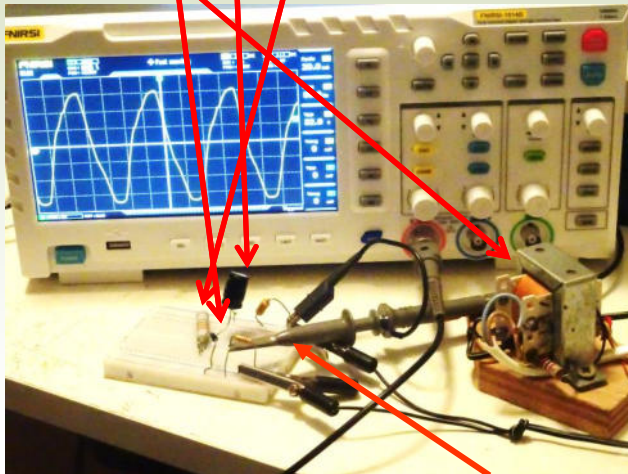
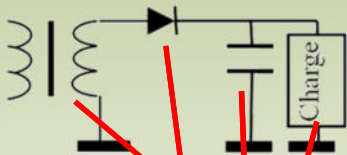
*Voir aussi page **CNFRA** dans Radio-REF de juillet-août 2010*

Chapitre 5

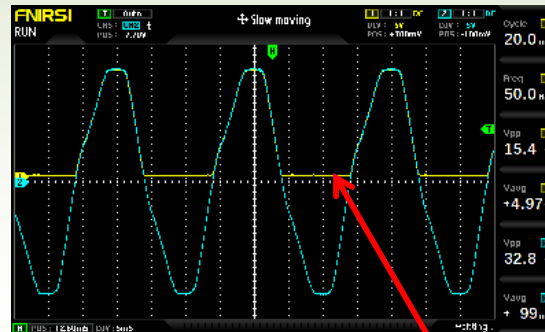
Redressement mono-alternance



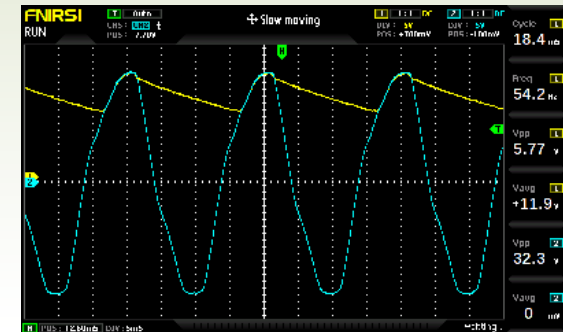
- Soit une alimentation mono-alternance branchée aux bornes d'une résistance formant la charge. A l'aide d'un oscilloscope, mettre en évidence :
 - incidence de la diode (redressement mono-alternance et chute de tension)
 - incidence du condensateur (valeur maximum)
 - ondulation résiduelle due au filtrage insuffisant



Sonde branchée avant la diode (32,8 Vcàc)



Effet de la diode
(15,4 Vcàc donc chute de 0,7 V)



Effet du condensateur avec ondulation résiduelle (Vmax)

Radio-Club de la Haute Île



F5KFF / F6KGL

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

Le cours de F6KGL

était présenté par F6GPX

Bon week-end à tous et à la semaine prochaine !

**Retrouvez-nous tous les vendredis soir au Radio-Club
de la Haute Île à Neuilly sur Marne (93) F5KFF-F6KGL,
sur 144,575 MHz (FM) ou sur Internet.**

Tous les renseignements sur ce cours et d'autres documents sont disponibles
sur notre site Internet, onglet "*Les cours*" puis "*Certificat Radioamateur*"

f6kgl.f5kff@free.fr

<https://www.f6kgl-f5kff.fr>