

## **Cours d'électronique**

Notes prises au cours de Mr Dedecker

Ces notes n'ont pas été approuvées par le prof, elles ne peuvent donc être utilisées comme source sûr, des erreurs faites par l'auteur peuvent s'y trouver, Ceci n'est juste qu'un support pouvant éventuellement vous aider dans votre compréhension de l'électronique.

## Table des matières

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Chapitre 1 : Electronique .....</b>         | <b>4</b>  |
| a) La loi d'ohm .....                          | 4         |
| b) La loi de Pouillet.....                     | 4         |
| c) Diagramme .....                             | 4         |
| d) Source de tension.....                      | 4         |
| e) Source de tension idéale.....               | 4         |
| f) Source réelle (résistance de charge) .....  | 5         |
| g) La résistance interne d'un générateur ..... | 5         |
| h) Le pont diviseur.....                       | 5         |
| ➤ Conclusion : .....                           | 6         |
| i) Source de courant .....                     | 7         |
| j) Principe de dualité. ....                   | 7         |
| k) Théorème de Thévenin .....                  | 8         |
| l) Théorème de Norton (voir Malvino).....      | 8         |
| • Exemples : (q1.4 page 13) .....              | 9         |
| <b>Chapitre 2 : Les semi-conducteurs.....</b>  | <b>12</b> |
| a) Structure atomique .....                    | 12        |
| b) Porteur de charge.....                      | 12        |
| c) Paire électron-trou .....                   | 12        |
| d) Recombinaison et durée de vie .....         | 12        |
| e) Structure cristalline .....                 | 13        |
| f) Dopage .....                                | 13        |
| g) La jonction PN .....                        | 14        |
| h) Polarisation directe. ....                  | 14        |
| i) Polarisation inverse.....                   | 15        |
| ▪ Exercice .....                               | 15        |
| <b>Chapitre 3 : Théorie de la diode .....</b>  | <b>18</b> |
| a) Symbole graphique .....                     | 18        |
| b) Caractéristique $I_v$ de la diode.....      | 18        |
| c) Fiche technique de la diode. ....           | 18        |
| d) Les approximations de la diode.....         | 18        |
| e) Droite de charge.....                       | 19        |

- **Exercice** ..... 21
- Chapitre 4 : les circuits à diodes** ..... **23**
- a) Rappel** :..... **23**

## Chapitre 1 : Electronique

### a) La loi d'ohm

$$U = R * I$$

U= tension en volts [V]

R = résistance en ohms [ $\Omega$ ]

I = courant en Ampères [A]

$$(R=U/I \text{ ou } I = U/R)$$

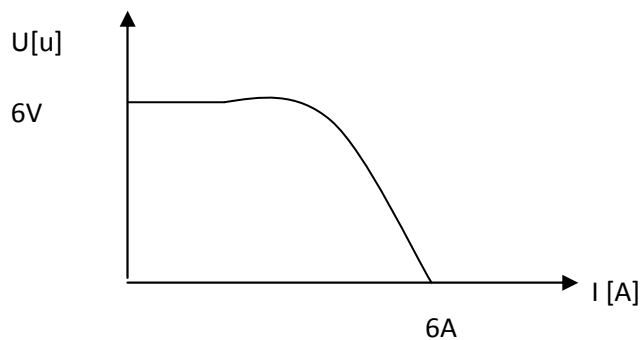
### b) La loi de Pouillet

$$P = U * I$$

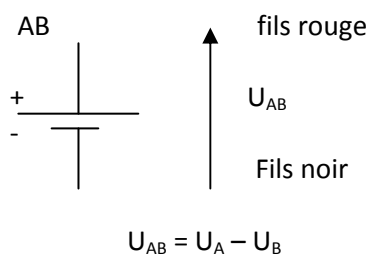
P = puissance en watts [W]

$$P = U^2/R ; P = R * I^2$$

### c) Diagramme

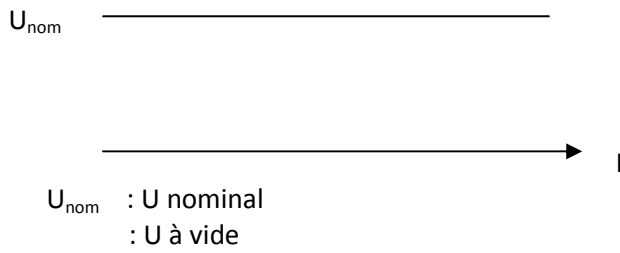


### d) Source de tension

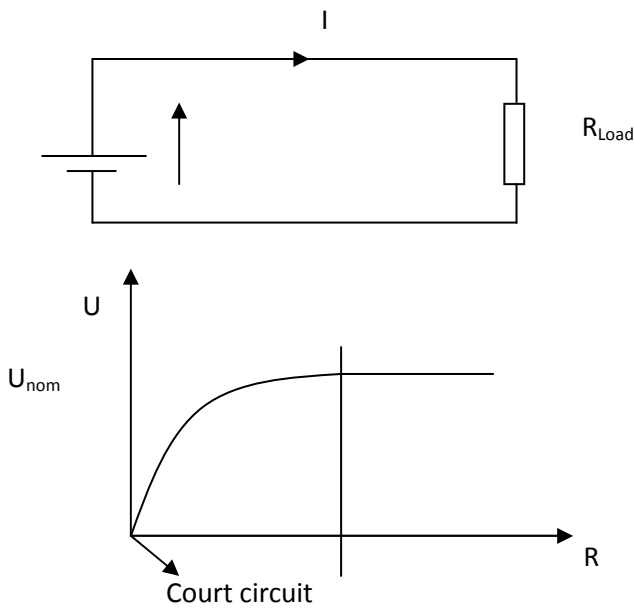


### e) Source de tension idéale.

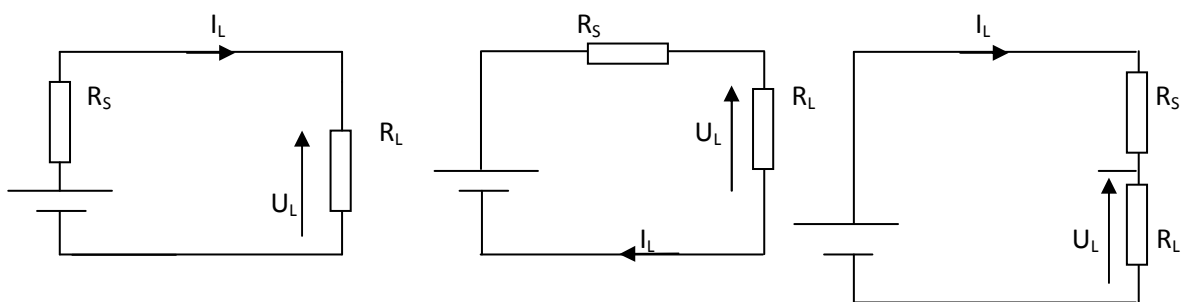
U  
Berton Arnaud



**f) Source réelle (résistance de charge)**



**g) La résistance interne d'un générateur**

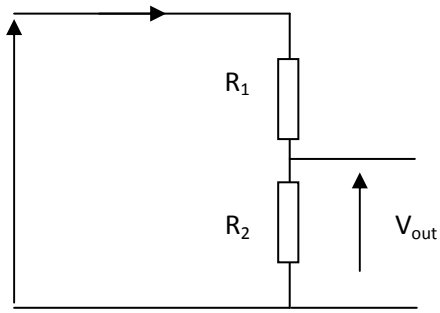


$$I_L = \sum U / \sum R = U_{nom} / R_s + R_L$$

$$U_L = R_L * I_L$$

**h) Le pont diviseur.**

I



$$V_{out} = V_{in} * R_2 / R_1 + R_2$$

$$U_L = R_L * I$$

$$U_{out} = R_L * I$$

$$I_L = U_{nom} / R_S + R_L$$

$$I = U_{in} / R_1 + R_2$$

Si  $R_2 \gg R_1$

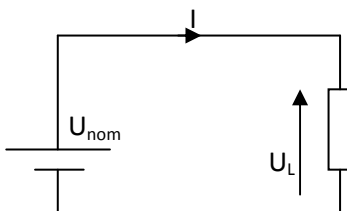
Alors  $U_{out} = U_{in}$

Si  $R_2 \ll R_1$

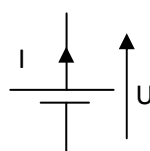
Alors  $U_{out} = 0$

➤ **Conclusion :**

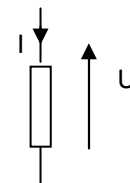
- Il faut que  $R_S$  soit beaucoup plus petit que  $R_L$  (100\* plus petit)
- Idéalement  $R_S=0$
- Convention générateur-récepteur



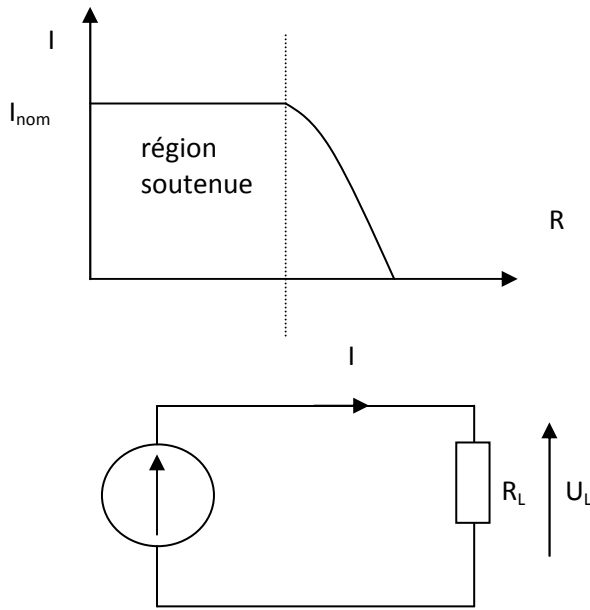
Générateur



Récepteur



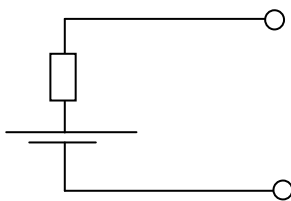
**i) Source de courant**



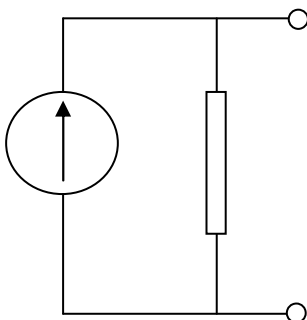
**j) Principe de dualité.**

|              |               |
|--------------|---------------|
| Courant      | Tension       |
| Ouvert       | Fermé         |
| Nul(faible)  | Infini(élevé) |
| Résistance   | Résistance    |
| condensateur | Inductance    |
| Série        | Parallèle     |
| Générateur   | Générateur    |

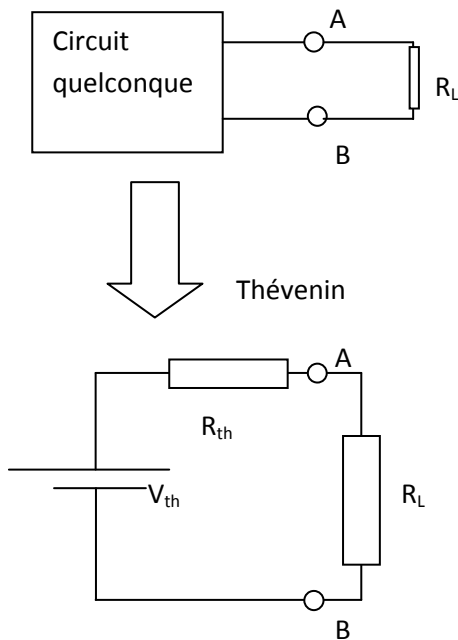
Le générateur de tension possède une résistance interne idéalement nulle en série



Le générateur de courant possède une résistance interne idéalement infinie en parallèle



## k) Théorème de Thévenin



Tout circuit quelconque est équivalent à une source de tension en série avec une résistance :

- La tension équivalente de Thévenin ( $V_{th}$ ) est la tension  $U_{AB}$  mesuré (ou calculé) quand on enlève la charge
- La résistance équivalente de Thévenin ( $R_{th}$ ) est la résistance mesuré (ou calculé) entre A et B quand on enlève la charge et qu'on annule toutes les sources du circuit quelconque.

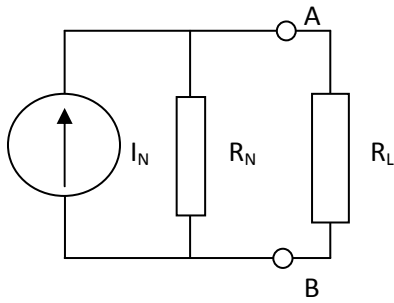
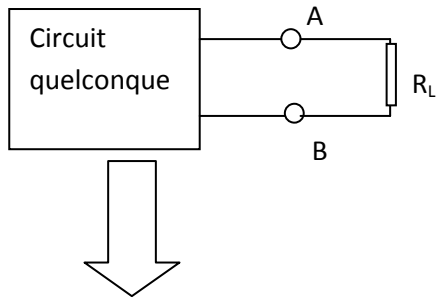
Annuler une source de tension c'est la remplacer par un fil.

Annuler une source de courant c'est la remplacer par un circuit ouvert.

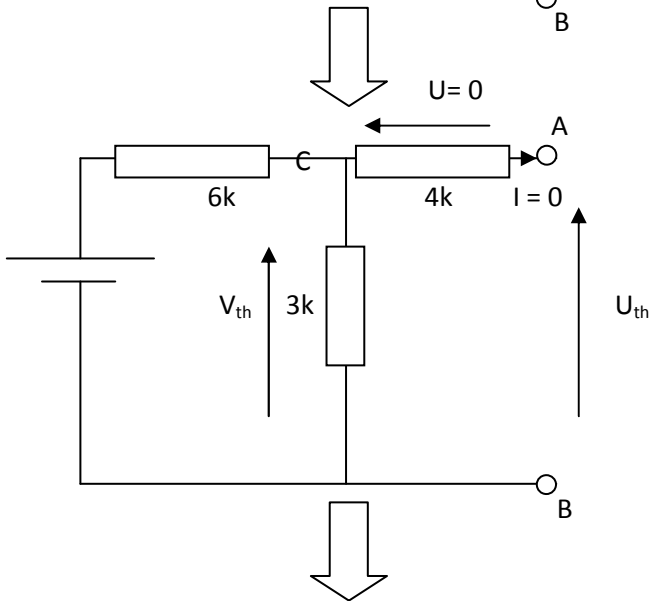
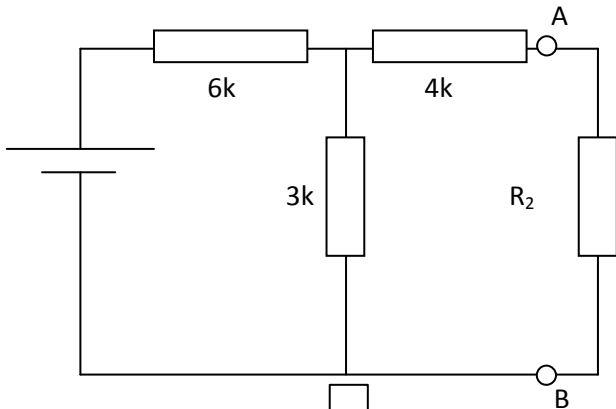
## l) Théorème de Norton (voir Malvino)

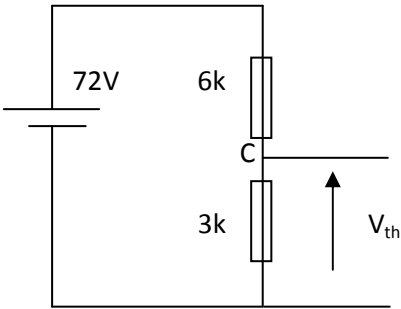
Tout circuit quelconque est équivalent à une source de courant en parallèle avec une résistance :

- Le courant équivalent de Norton ( $I_N$ ) est le courant  $I_{AB}$  mesuré (ou calculé) quand on court circuit la charge
- La résistance équivalente de Norton ( $R_N$ ) est la résistance mesuré (ou calculé) entre A et B quand on enlève la charge et qu'on annule toutes les sources du circuit quelconque.

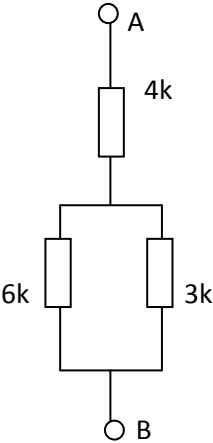
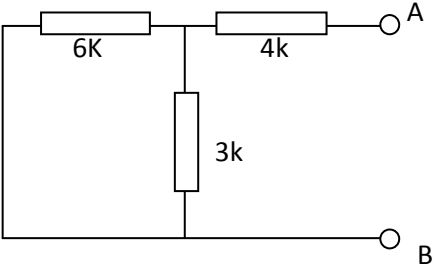


• **Exemples :** (q1.4 page 13)

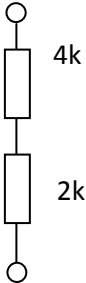




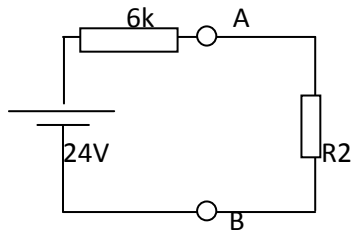
Pont diviseur :  $V_{th} = 72 \cdot 3k / 6k + 3k = 24V$



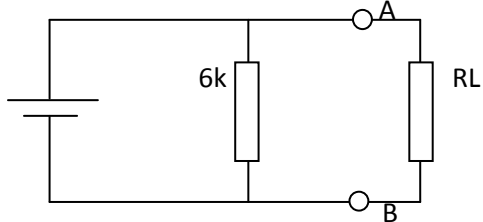
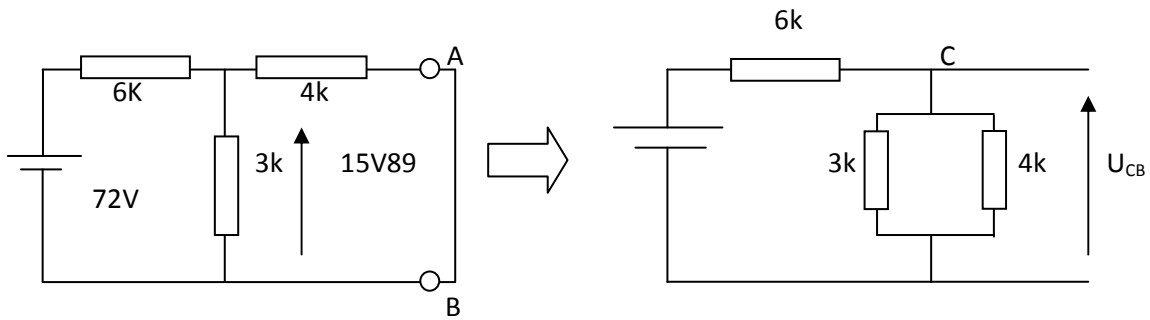
$R_{//} = 6k \cdot 3k / 6k + 3k = 2k$



$R_{serie} = 4k + 2k = 6k$



**Résolution par Norton :**



$$U_{CB} = 72 \cdot 1k7 / 6k + 1k7 = 15,89V$$

$$I_N = 15,89V / 4K = 4mA$$

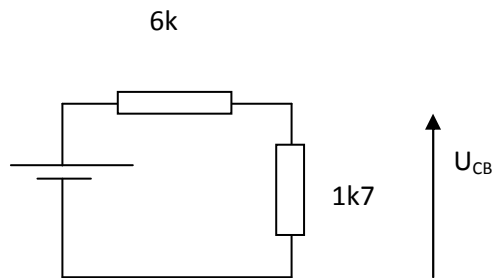
$$R_N = R_{th} = 6k$$

Relation Thévenin – Norton

$$I_N = V_{th} / R_{th}$$

$$V_{th} = R_N \cdot I_N$$

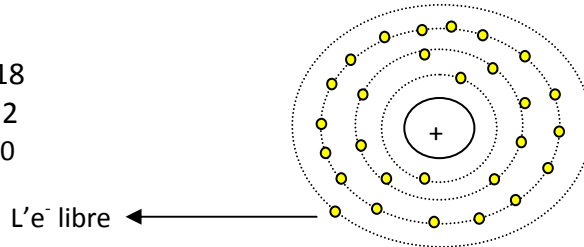
$$R_{th} = R_N$$



## Chapitre 2 : Les semi-conducteurs

### a) Structure atomique

K : 2  
L : 8  
M : 18  
N : 32  
O : 50

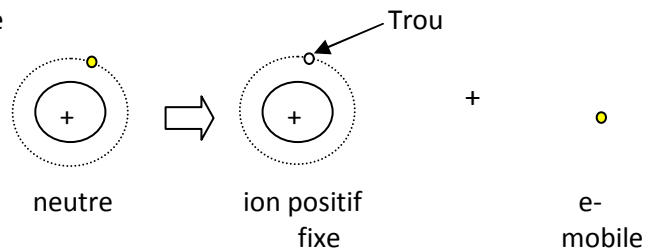


| Conducteur                                       | k | l | m  | n  | O  | P |
|--|---|---|----|----|----|---|
| Cu(29)   | 2 | 8 | 18 | 1  |    |   |
| Ag(47)   | 2 | 8 | 18 | 18 | 1  |   |
| Au(79)   | 2 | 8 | 18 | 32 | 18 | 1 |
| Conducteurs : 1 e- sur la couche de valence      |   |   |    |    |    |   |
| Isolants : la couche de valence est complète     |   |   |    |    |    |   |
| Si(14)   | 2 | 8 | 4  |    |    |   |
| Ge(32)   | 2 | 8 | 18 | 4  |    |   |
| Semi conducteurs : 4 e- sur la couche de valence |   |   |    |    |    |   |

### b) Porteur de charge

Électron : porteur de charge négative

Trou : porteur de charge positive



### c) Paire électron-trou

Énergie thermique ambiante libère quelque e<sup>-</sup> de leur couche de valence aléatoirement

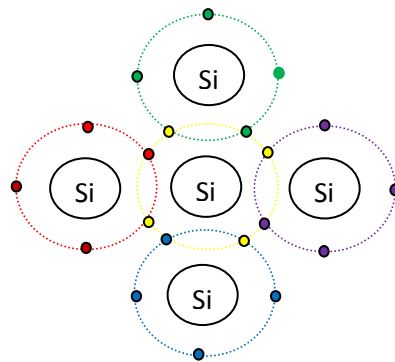
➔ Nombres trous = nombre d'e<sup>-</sup>

### d) Recombinaison et durée de vie

Recombinaison : un e<sup>-</sup> retombe dans un trou

Durée de vie : le temps pour qu'un e<sup>-</sup> trouve un trou

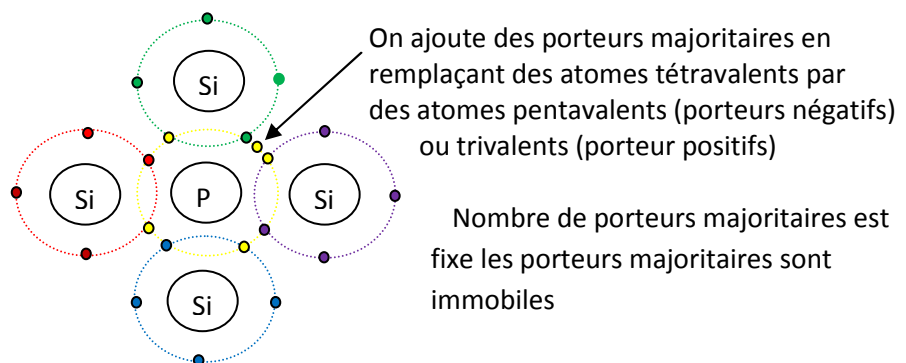
### e) Structure cristalline



L'atome central possède  $4e^-$  de valence et  $4e^-$  de covalence

Si chaque atome est équidistant de 4 autres  $\rightarrow$  cristal intrinsèque (isolant sauf les  $e^-$  créer par énergie thermique).

### f) Dopage



Les porteurs minoritaires sont ceux créé par l'énergie thermique, leurs nombres et positions sont aléatoires.

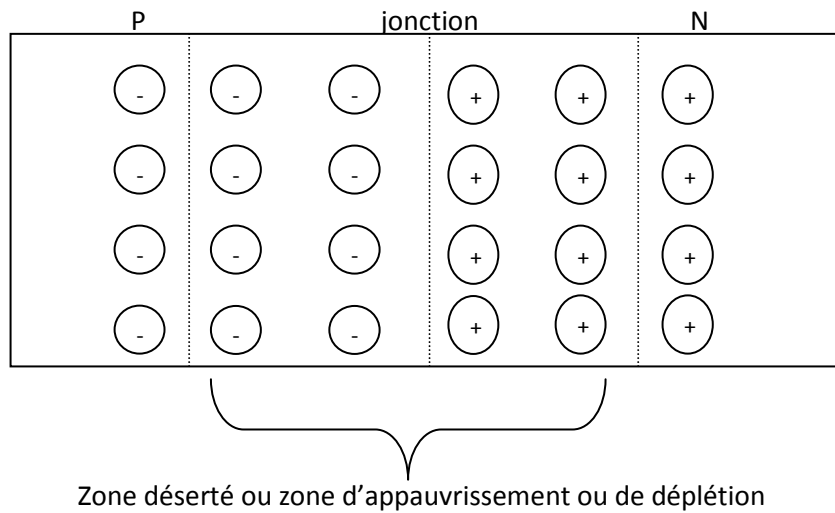
Dans un cristal extrinsèque (dopé), il y a plus de porteur majoritaire que de porteur minoritaire.

Il existe deux sortes de cristaux :

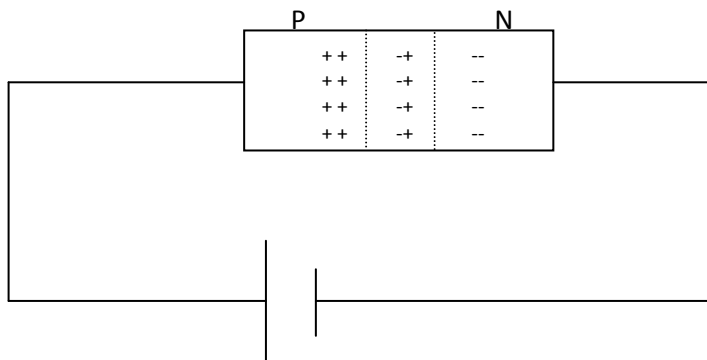
- Type N : beaucoup de majoritaire :  $e^-$   
autant de minoritaire – que de +
- Type P : beaucoup de majoritaire +  
autant de minoritaire – que +

Résistance extrinsèque faible

### g) La jonction PN



### h) Polarisation directe.

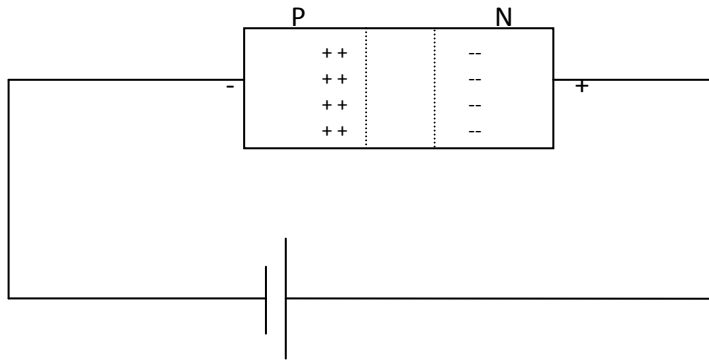


- On augmente l'énergie des porteurs
- On diminue la zone déserté en proportion de la tension appliquée jusqu'à la zone disparaisse

→ La jonction est conductrice

- La tension à laquelle disparaît la barrière de potentiel est la tension de seuil.
- la tension de seuil est de 0,7V et elle baisse -2mV/°C.

**i) Polarisation inverse.**



➤ On augmente la zone déserté

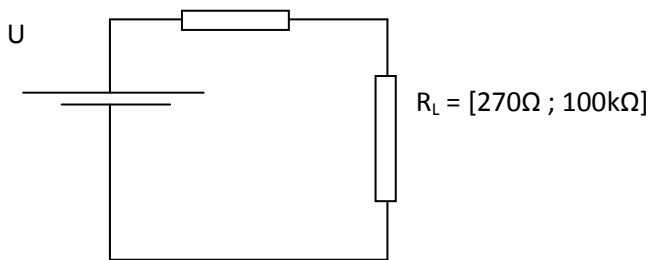
$I_s$  : courant de saturation (de fuite)

$I_s$  : double tout les 10°C

▪ **Exercice**

Ex1.2 page 27

$R_i = ?$

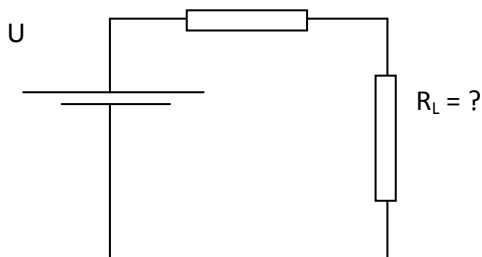


$R_{Lmin} = 100R_i$

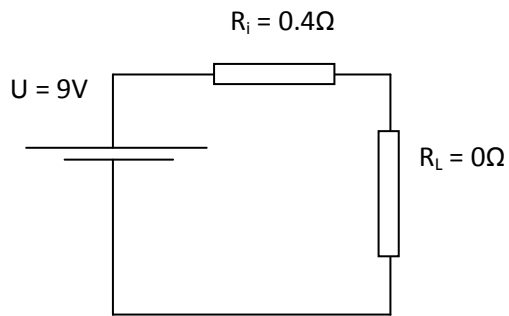
$R_i = R_{Lmin}/100 = 270 / 100 = 2.7\Omega$

Ex 1.4 page 27

$R_i = 60m\Omega$

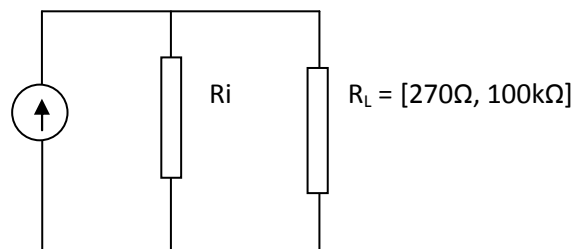


$R_{Lmin} = 100 * 0,06 = 6\Omega$

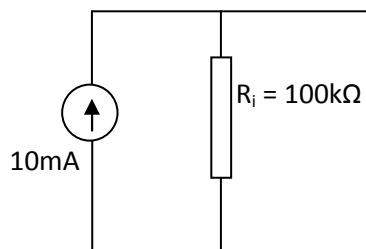
Ex 1.6 page 27

$$I = U / \Sigma R$$

$$I_{cc} = U / R = 9 / 0.4 = 22,5 \text{ A}$$

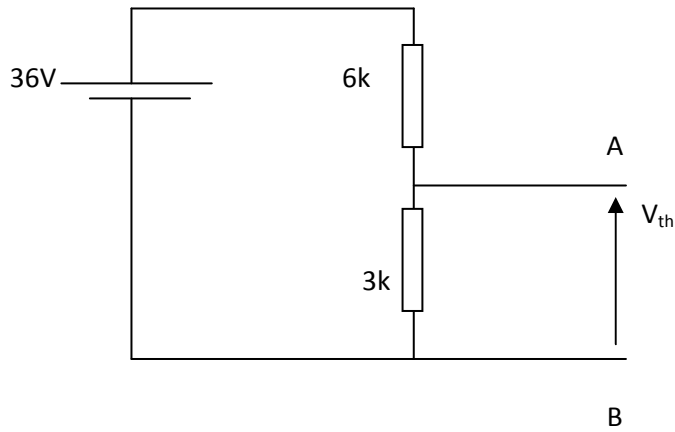
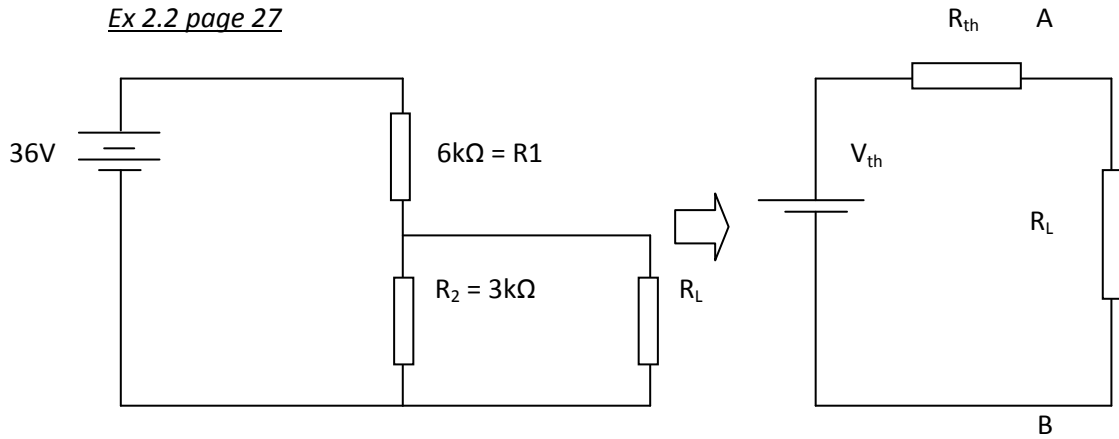
Ex 1.8 page 27

$$R_i = 100 * 100k\Omega = 10\,000k\Omega = 10M\Omega$$

Ex 2.0 page 27.

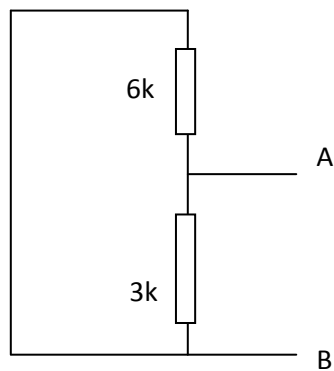
$$I_{cc} = 10mA$$

Ex 2.2 page 27



Pont diviseur :  $V_{out} = V_{in} * R_2 / R_1 + R_2$

$V_{th} = 36 * 3k / 6k + 3k = 12V$



$R_{AB} = 3k // 6k = 3k * 6k / 3k + 6k = 18 k / 9k = 2 k$

Ex 2.8 page 27

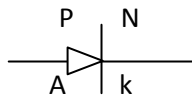
$I_s = 10 \text{ mA}$  à  $25^\circ \rightarrow 75^\circ$  double tous les  $10^\circ$

$2^5 * 10\text{mA} = 320\text{mA}$

|      |      |      |      |       |       |
|------|------|------|------|-------|-------|
| 25°  | 35°  | 45°  | 55°  | 65°   | 75°   |
| 10mA | 20mA | 40mA | 80mA | 160mA | 320mA |

## Chapitre 3 : Théorie de la diode

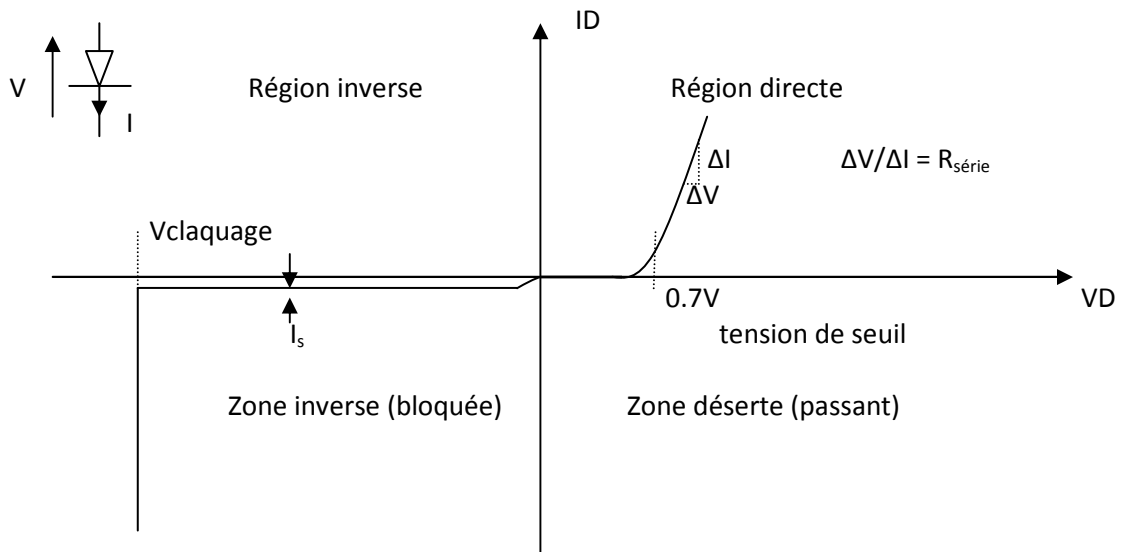
### a) Symbole graphique



Anode

cathode

### b) Caractéristique Iv de la diode.



$I_s$  : courant de fuite ; effet thermique

### c) Fiche technique de la diode.

$I_{Fmax}$  : courant direct maximum (dépend de la résistance série)

$V_{BR}$  : tension inverse de claquage

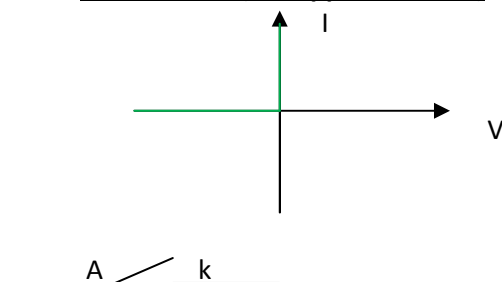
$P_{Dmax}$  : puissance maximum dissipée

F → forward

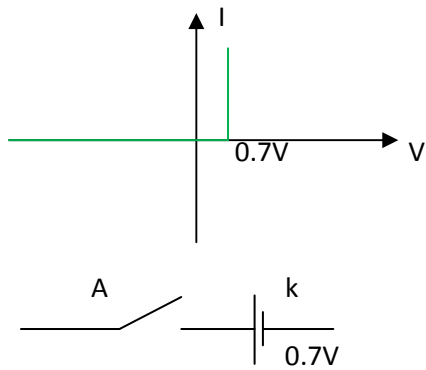
BR → breakdown

### d) Les approximations de la diode.

#### Diode idéale (1<sup>ère</sup> approximation)

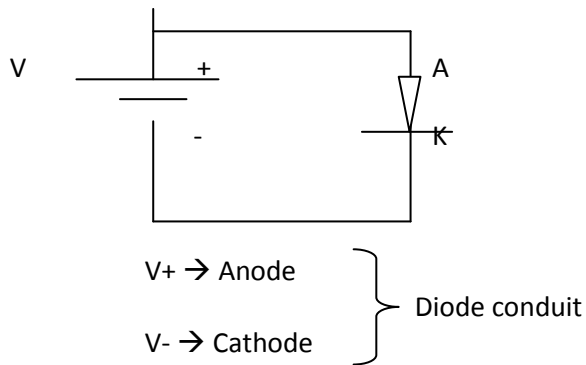


**2<sup>ème</sup> approximation**



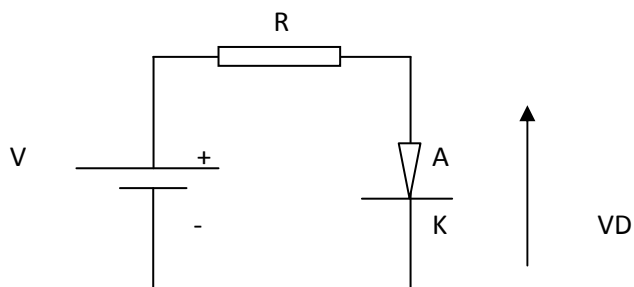
**3<sup>ème</sup> approximation**

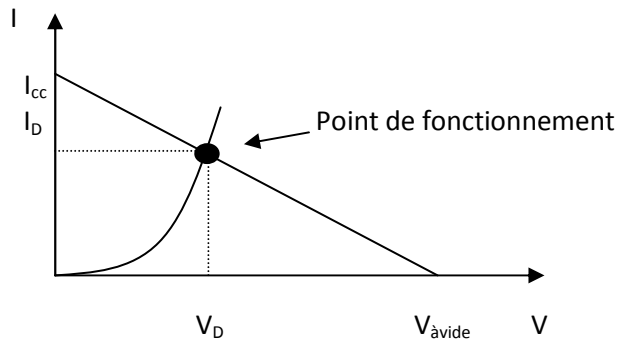
**e) Droite de charge**



1<sup>ère</sup> approx.  $\rightarrow$  Interrupteur fermé  $\rightarrow$  court circuit de la source (à proscrire)

On ajoute une résistance de limitation de courant

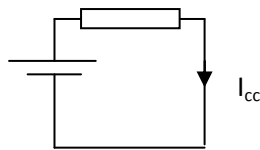




Droite de charge : caractéristique du circuit sans la diode

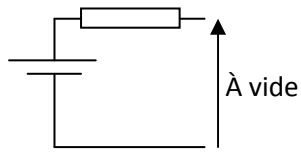
1<sup>er</sup> point :  $V_{\text{court circuité}} \rightarrow i$  ?

$$I_{cc} = V / R$$



2<sup>ème</sup> point : sans charge  $\rightarrow V$  ?

$$V_{\text{àvide}} = V$$



NB :  $I_{cc} = I_{\text{saturation}}$  ;  $V_{\text{àvide}} = \text{tension de blocage}$

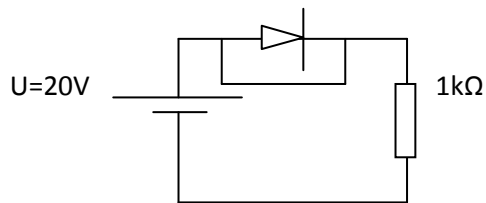
▪ **Exercice**

3.2 Page 87 :

$V_D = 0,7V ; I_D = 50mA ; P_D ?$

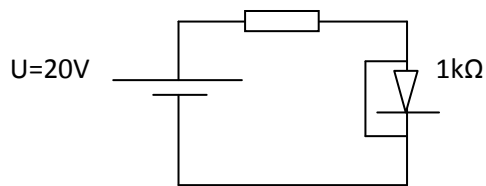
$P_D = U_D * I_D = 0,7 * 50 \cdot 10^{-3} = 35 \cdot 10^{-3} W = 35mW$

3.4 Page 87



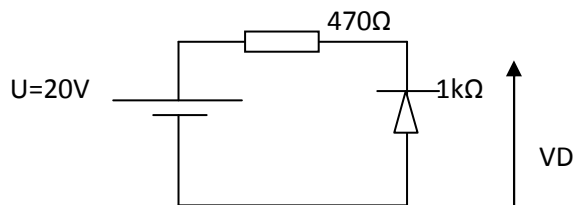
$U_D = 0V$   
 $I_D = U / R = 20 / 1k = 20mA$   
 $P_D = U_D * I_D = 0 * 20 = 0W$

3.6 Page 87 :

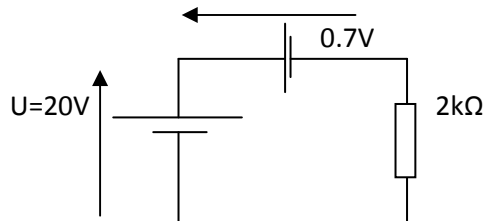
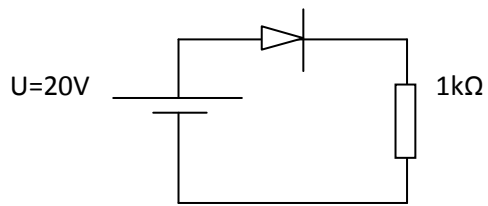


$U_D = 0$   
 $I_D = 15 / 470 = 0,031A = 31mA$   
 $P_D = 0W$

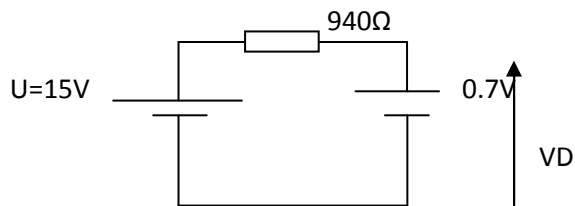
3.8 Page 87



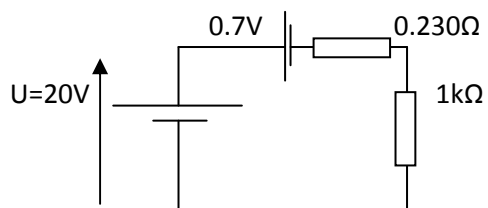
$I_D = 0A$   
 $U = 15V$   
 $P_D = 0W$  } Car diode bloquée

3.10 Page 87

$$I = U / R = 20 - 0.7 / 2k = 9.65\text{mA}$$

3.12 Page 87

$$I = U / R = 14,3 / 940 = 15\text{mA}$$

3.14 Page 87

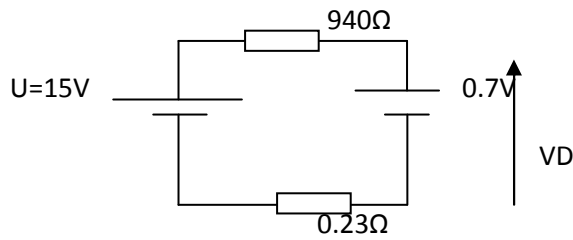
$$I = 20 - 0.7 / 0.230 + 1000 = 19,3\text{mA}$$

$$P_T = U * I = 20 * 0.0193 = 0.386\text{W}$$

$$P_R = R * I^2 = 1000 * (0.0193)^2 = 0.372\text{W}$$

$$P_D = 0.386 - 0.372 = 0.014\text{W}$$

3.16 Page 87



$$I = \frac{15 - 0.7}{940 + 0.23} = 15\text{mA}$$

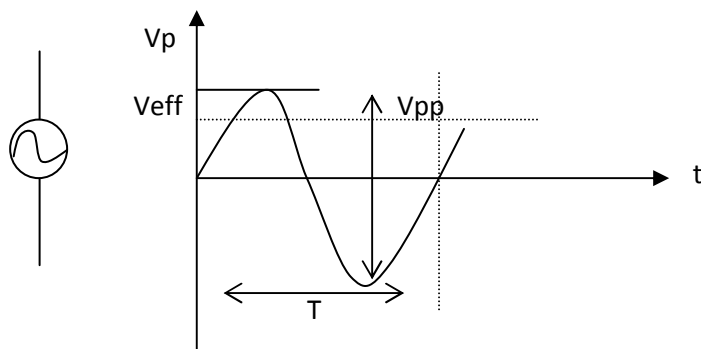
$$P_{\text{total}} = U * I = 15 * 15 = 225\text{mW}$$

$$PR = R * I^2 = 940 * (0.015)^2 = 0.2115\text{W}$$

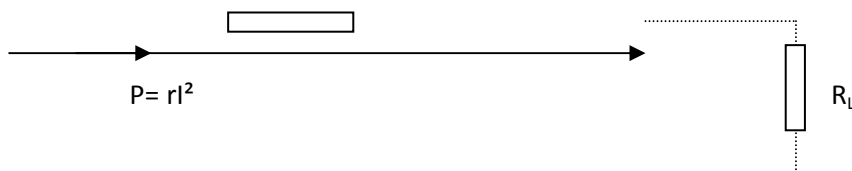
$$PD = 0.225 - 0.2115 = 0.0135\text{W}$$

**Chapitre 4 : les circuits à diodes**

**a) Rappel :**



T = période en seconde  
 f = fréquence en hertz ( $f=1/T$ )  
 $V_p$  = tension crête  
 $V_{pp}$  = tension crête à crête ( $V_{pp} = 2V_p$ )  
 $V_{\text{eff}}$  = tension efficace ( $V_{\text{eff}} = V_p / \sqrt{2}$  ;  $V_{\text{eff}} = 0,707V_p$  ;  $\sqrt{2} = 1.414$ )



$P_L = U * I$  où U ↗ → I ↘

$V_{\text{moy}}$  : sur une période : 0 volts  
 : sur une demi période :  $V_p / \pi = 0,318V_p = V_{\text{DC}}$