

# FORMULAIRE D'ELECTRONIQUE

## Caractéristiques des diodes

Les caractéristiques principales d'une diode semiconductrice sont les suivantes :

- la tension directe  $V_D$  (0,6 V pour les diodes au silicium et 0,2 V pour les diodes au germanium),
- le courant direct  $I_D$ ,
- la tension inverse  $V_R$ ,
- le courant inverse  $I_R$ ,
- la puissance dissipée  $P$ ,
- le temps de recouvrement  $t_{rr}$ .

## Puissance admissible et température

La puissance dissipée dans une diode est égale à :

$$P = I_D \times V_D$$

La puissance admissible  $P_{max}$  que peut dissiper une diode dépend en grande partie de son boîtier (l'échange de chaleur entre la diode et l'air ambiant se fait d'autant plus facilement que la surface du boîtier est grande). Le rapport entre la puissance  $P_{max}$  et le type de boîtier est donné tableau 1.

Les caractéristiques d'une diode en ce qui concerne la température sont les suivantes :

- la puissance admissible  $P_{max}$  (en watt),
- la température maximale de la jonction  $T_{jmax}$  (en °C/W),
- la résistance thermique entre la jonction et le boîtier  $R_{th}$  (en °C/W),

La formule de la puissance en fonction de la température est :

$$P_{max} = \frac{T_{jmax} - T_{amb}}{R_{th}}$$

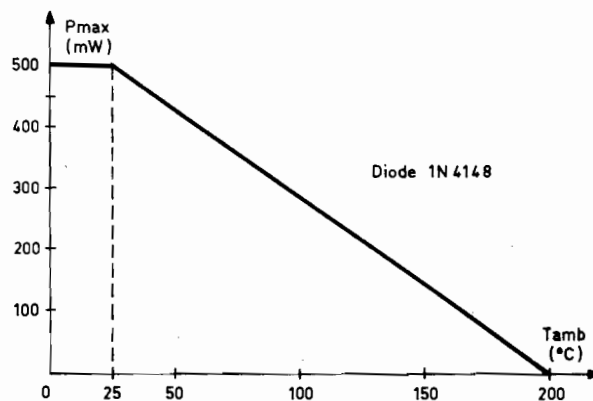


FIGURE 1

avec  $T_{amb}$  = température de fonctionnement (en °C). Les fabricants donnent souvent la courbe de variation de  $P_{max}$  en fonction de la température de fonctionnement (fig. 1).

**Exemple :** Une diode au silicium (1N4148) doit laisser passer un courant de 100 mA. Pouvons-nous l'utiliser à 45 °C ? La tension  $V_D$  est égale à 0,65 V.

Les caractéristiques de la 1N4148 sont :

- $I_{Dmax}$  = 200 mA
- $V_{Rmax}$  = 75 V
- $P_{max}$  = 500 mW (à 25 °C)
- $V_D$  = entre 0,62 et 0,72 V (pour  $I_D = 5$  mA)
- $I_R$  =  $25 \times 10^{-9}$  A (pour  $V_R = 20$  V et  $t = 25$  °C)
- $R_{th}$  = 350 °C/W
- $T_{jmax}$  = 200 °C

Pour cette application, la puissance dissipée dans la diode est :  $0,1 \times 0,65$ , soit 65 mW. D'autre part la puissance maximale à ne pas dépasser à 45 °C est :

$$\frac{200 - 45}{350}, \text{ soit } 443 \text{ mW}$$

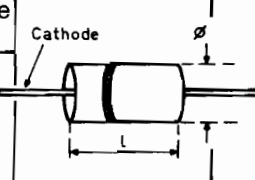
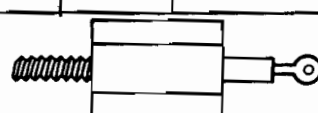
$P_{max}$ (en watt)	Type de boîtier	Dimensions (en mm)		
		longueur $l$	diamètre $\phi$	
0,5	D07 (verre)	7,2	2,6	
0,5	D035 (verre)	3,9	1,9	
1	D041 (verre)	4,1	2,5	
3	D013 (métal)	9	6	
10 à 50	D04 D05	fixation sur radiateur		

TABLEAU 1.

La diode peut donc fonctionner sans problème.

**Variation de  $V_D$  et de  $I_R$**

La tension directe  $V_D$  d'une diode au silicium décroît si la température augmente. La variation est d'environ  $-2,2$  mV par  $^{\circ}\text{C}$ .

Le courant inverse  $I_R$  d'une diode au silicium double tous les  $10^{\circ}\text{C}$ .

**Exemple :** Si la température de fonctionnement d'une 1N4148 (caractéristiques ci-dessus) passe de  $25^{\circ}\text{C}$  à  $75^{\circ}\text{C}$ , cette augmentation de  $50^{\circ}\text{C}$  fait décroître la tension directe  $V_D$  de  $2,2 \times 50$ , soit  $110$  mV. La tension  $V_D$  se situera entre  $0,51$  et  $0,61$  V, au lieu de  $0,62$  et  $0,72$  V. Le courant inverse de la même diode qui est  $25 \times 10^{-9}$  A à  $25^{\circ}\text{C}$  (pour une tension  $V_R$  de  $20$  V) passe à  $50 \times 10^{-9}$  A à  $35^{\circ}\text{C}$  et à  $800 \times 10^{-9}$  A (ou  $0,8 \mu\text{A}$ ) à  $75^{\circ}\text{C}$  (pour la même tension  $V_R$  de  $20$  V).

**Diode en régulateur de tension**

La tension directe  $V_D$  est utilisée quand on a besoin d'une tension stable de faible valeur (fig. 2).

Valeurs de la résistance R :

$$R = \frac{U - V_D}{I_D}$$

U = tension de la source continue (en volts)

$V_D$  = tension directe de la diode (en volts)

$I_D$  = courant direct de la diode (en ampères)

R = résistance de protection (en ohms)

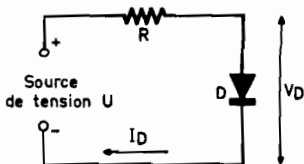


FIGURE 2

**Exemple :** Avec une source de  $4,5$  V, si  $V_D = 0,6$  V pour un courant  $I_D = 5$  mA, la résistance R à prévoir est :

$$\frac{4,5 - 0,6}{0,005}, \text{ soit } 780 \Omega$$

**Remarques :**

a) Pour obtenir une tension plus élevée, plusieurs diodes du même type peuvent être mises en série.

b) Il existe des diodes spéciales pour ce mode de régulation (série BZ102).

**Diode en redressement monoalternance**

(fig. 3)

La tension à redresser (tension secondaire  $V_S$  sur le schéma) peut être donnée en valeur max., en valeur efficace ou en valeur crête-à-crête. Les relations sont :

$$V_{CC} = 2 V_{max}$$

$$V_{max} = \frac{V_{CC}}{2}$$

$$V_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_{max} \text{ OU } V_{eff} = 0,707 V_{max}$$

avec :  $V_{CC}$  = tension crête-à-crête. C'est la valeur de la tension alternative lue sur un écran d'oscilloscope (exprimée en volts).

$V_{max}$  = tension max. de la tension alternative (exprimée en volts)

$V_{eff}$  = tension efficace de la tension alternative. C'est la valeur lue sur un voltmètre (exprimée en volts).

**Exemple :** Si nous lisons  $30$  V crête-à-crête sur l'écran d'un oscilloscope pour une tension existant aux bornes du secondaire d'un transformateur, la valeur maximale de cette tension est  $15$  V et la valeur efficace est  $10,6$  V.

**Charge de l'alimentation**

La diode D transforme la tension alternative fournie par le transformateur T en tension redressée pseudo-continue devant alimenter une charge  $R_u$ . On a :

$$R_u = \frac{V_u}{I_u}$$

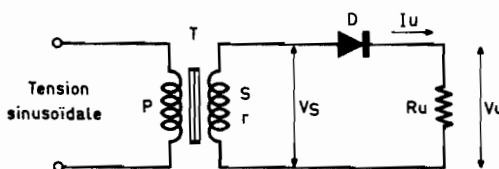


FIGURE 3

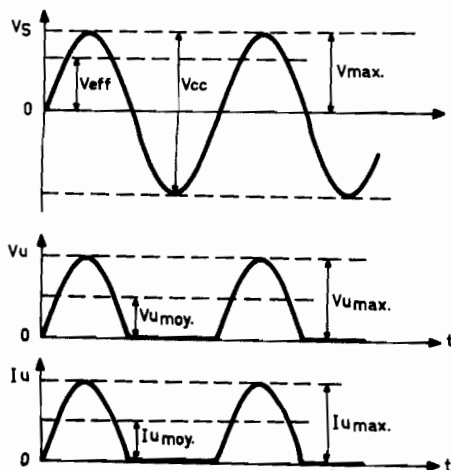


FIGURE 4

avec :  $R_u$  = résistance équivalente de la charge (en ohms)  
 $V_u$  = tension redressée (en volts)  
 $I_u$  = courant redressé (en ampères) (fig. 4).

Dans un redressement monoalternance, seules apparaissent les alternances positives ou négatives (cela dépend du sens de branchement de la diode).

La tension redressée maximale aux bornes de  $R_u$  est :

$$V_{u\max} = V_{s\max} - V_D$$

avec :  $V_D$  = chute de tension directe dans la diode (= 0,7 V pour une diode au silicium).

On peut soustraire éventuellement la chute de tension due à la résistance ohmique du secondaire ( $r$ ).

**Exemple :** Nous avons un transformateur dont le secondaire nous donne 34 V crête-à-crête. La résistance du secondaire est de 3  $\Omega$  et la diode de redressement est au silicium. Le courant redressé est de 500 mA.

La chute de tension dans la résistance du secondaire est :  $3 \times 0,5 = 1,5$  V, la tension  $V_{u\max}$  est égale à :

$$\frac{34}{2} - (1,5 + 0,7), \text{ soit } 14,8 \text{ V.}$$

**Valeurs de la tension et du courant**

La tension moyenne (exprimée en volts), aux bornes de  $R_u$  est :

$$V_{moy} = \frac{V_{u\max}}{\pi} \text{ ou } V_{moy} = 0,45 V_{eff}$$

avec  $V_{eff}$  = tension efficace secondaire, moins la chute de tension dans la diode (en volts).

Le courant moyen (exprimé en ampères) dans  $R_u$  est obtenu par la loi d'Ohm :

$$I_{moy} = \frac{V_{u\max}}{\pi R_u} \text{ ou } I_{moy} = \frac{0,45 V_{eff}}{R_u}$$

**Exemple :** Si la valeur max. de  $V_u$  est de 12 V et la charge  $R_u$  égale à 120  $\Omega$ , la valeur moyenne de  $V_u$  est : 3,8 V. La valeur moyenne de  $I_u$  est : 31,6 mA.

Dans un redresseur monoalternance, le courant max. fourni est :

$$I_{u\max} = \frac{V_{u\max}}{R_u}$$

ou

$$I_{u\max} = \frac{V_{eff} \sqrt{2}}{R_u}$$

**Caractéristiques de la diode**

$$I_D > I_{u\text{moy}} \text{ et } V_R > V_{u\max}$$

(Dans le cas d'un redresseur monoalternance alimentant un circuit  $R_u$  sans condensateur de filtrage).

**Exemple :** La valeur max. fournie par le secondaire est 50 V, la charge  $R_u$  est de 1 000  $\Omega$ . En estimant une chute de tension de 1 V dans la diode et la résistance secondaire, le courant moyen est égal à :

$$\frac{V_{u\max}}{\pi R_u} = \frac{49}{3,14 \times 10^3}$$

soit pratiquement 16 mA.

La diode doit supporter un courant direct d'au moins 16 mA. Sa tension inverse doit être supérieure à 50 V.

**Utilisation d'un condensateur de filtrage (fig. 5)**

Si un condensateur est placé aux bornes de  $R_u$ , la tension d'utilisation est une tension continue à laquelle est superposée une tension d'ondulation :

$$V_{ond} \approx \frac{20 I_u}{C}$$

avec :

$V_{ond}$  = tension d'ondulation crête à crête (en volts)

$I_u$  = courant continu dans  $R_u$  (en mA)

$C$  = capacité du condensateur de filtrage (en  $\mu$ F)

**Exemple :** Pour un courant débité de 0,05 A et un condensateur de 1 000  $\mu$ F, la tension d'ondulation crête à crête est de :

$$\frac{20 \times 50}{1\,000}, \text{ soit } 1 \text{ V.}$$

**Valeur de la tension et du courant**

La formule donnant la tension continue (en volts) aux bornes de  $R_u$  est :

$$V_u = (V_{eff} \times \sqrt{2}) - (V_D + 0,5 V_{ond})$$

avec :

$V_{eff}$  = tension efficace au secondaire (en volts)

$V_D$  = tension directe de la diode (en volts)

$V_{ond}$  = valeur crête à crête de la tension d'ondulation (en volts).

Le courant continu (en ampères) dans  $R_u$  est :

$$I_u = \frac{V_u}{R_u}$$

( $V_u$  en volts et  $R_u$  en ohms)

Le courant de pointe (en ampères) traversant la diode est :

$$I_p \approx I_u \times 9$$

avec  $I_u$  = courant continu dans  $R_u$ .

La valeur de  $I_p$  dépend du courant débité et de la valeur du condensateur  $C$ . Le courant  $I_p$  est l'intensité traversant la diode à chaque crête d'alternance pour charger  $C$ , tandis que le courant  $I_u$  est l'intensité de décharge de  $C$  dans  $R_u$ .

Les constructeurs indiquent deux caractéristiques se rapportant à ce courant de pointe :

- le courant direct de crête répétitif maximal  $I_{FRM}$
- le courant direct de crête non répétitif maximal (ou de surcharge)  $I_{FSM}$ .

Le premier ( $I_{FRM}$ ) concerne le courant  $I_p$  égal, au maximum, à 9 fois le courant continu  $I_u$ . Le second ( $I_{FSM}$ ) est celui qui apparaît à la mise sous ten-

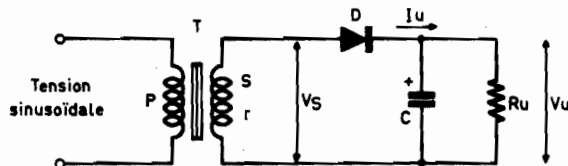


FIGURE 5

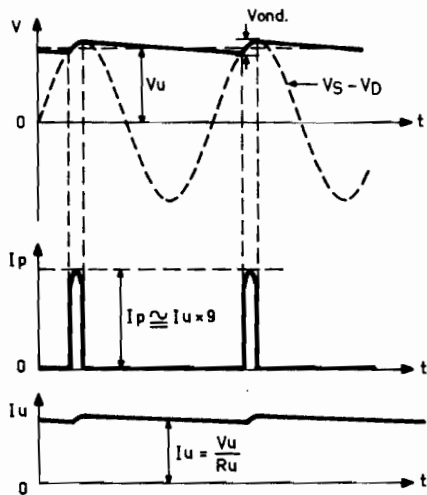


FIGURE 6

$V_{max}$  : valeur max. de la tension secondaire  $V_S$  (en volts)  
 $V_D$  : chute de tension directe de la diode (0,7 V pour une diode au silicium)  
 $V_{u moy}$  : tension moyenne redressée (en volts)  
 $I_{u max}$  : courant max. redressé (en ampères)  
 $I_{u moy}$  : courant moyen redressé (en ampères)  
 $R_u$  : résistance équivalente de la charge (en ohms).

**Exemple :** Un transformateur nous donne au secondaire 2 fois 35 V efficaces. La résistance du secondaire est négligeable. La résistance  $R_u$  est de 500  $\Omega$  et la chute de tension directe des diodes est de 0,7 V.

La tension  $V_{max}$  aux bornes d'un demi secondaire est :

$$V_{max} : 35 \times 1,414 = 49,5 \text{ V}$$

Les valeurs de la tension aux bornes de  $R_u$  sont :

$$V_{u max} = 49,5 - 0,7 = 48,8 \text{ V}$$

$$V_{u moy} = \frac{2 \times 48,8}{3,14} = 31 \text{ V}$$

sion lorsque le condensateur n'est pas chargé ; ce courant n'est alors limité que par la résistance ohmique du circuit.

$$I_{u max} = \frac{V_{u max}}{R_u}$$

$$I_{u moy} = \frac{V_{u moy}}{R_u}$$

avec :

$V_{u max}$  : tension max. redressée (en volts)

## Caractéristiques de la diode

$I_D > I_u$  et  $V_R > 2 V_u$

(Dans le cas d'un redresseur monoalternance alimentant un circuit  $R_u$  avec condensateur de filtrage).

**Exemple :** Avec une tension secondaire de 50 V, une chute de tension (résistance secondaire et diode) estimée à 1 V et une charge  $R_u$  de 1 000  $\Omega$ , on a :

$$V_u = 49 \text{ V et}$$

$$I_u = \frac{49}{1000} = 49 \text{ mA.}$$

La diode doit supporter un courant direct d'au moins 49 mA. Sa tension inverse doit être supérieure à 98 V.

Le courant  $I_p$  pourrait atteindre :  $49 \times 9 = 441 \text{ mA.}$

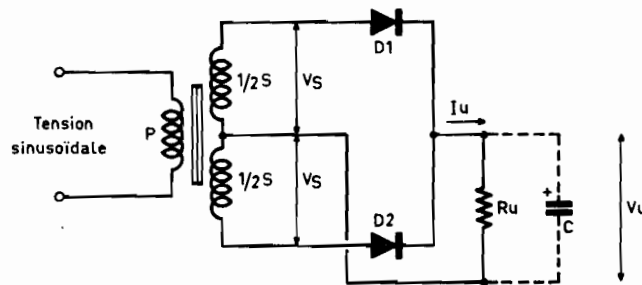


FIGURE 7

## Diodes en redressement bi-alternance

### 1. Sans condensateur de filtrage

Les formules sont :

$$V_{u max} = V_{max} - V_D$$

$$V_{u moy} = \frac{2 V_{u max}}{\pi}$$

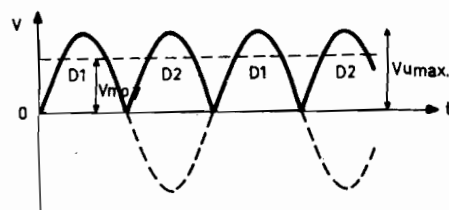


FIGURE 8

Les valeurs du courant dans  $R_u$  sont :

$$I_{u \max} = \frac{48,8}{500}, \text{ soit } 97,6 \text{ mA}$$

$$I_{u \text{ moy}} = \frac{31}{500}, \text{ soit } 62 \text{ mA}$$

### Caractéristiques des diodes

$I_D > I_{u \max}$  et  $V_R > V_{u \max}$   
(redressement double alternance sans condensateur de filtrage).

**Exemple :** Dans l'application précédente, les diodes devront avoir les caractéristiques suivantes :

$$I_D > 100 \text{ mA} \quad V_R > 50 \text{ V}$$

#### 2° Avec condensateur de filtrage

Si un condensateur est placé aux bornes de  $R_u$ , la tension  $V_u$  est continue. Une tension d'ondulation, plus faible que dans un redressement mono-alternance, lui est superposé :

$$V_{\text{ond}} \approx \frac{10 I_u}{C}$$

avec :  
 $V_{\text{ond}}$  = tension d'ondulation crête-à-crête (en volts)  
 $I_u$  = courant continu dans  $R_u$  (en mA)  
 $C$  = capacité du condensateur de filtrage (en  $\mu\text{F}$ )

La tension et le courant d'utilisation sont :

$$V_u = (V_{\text{eff}} \times \sqrt{2}) - (V_D + 0,5 V_{\text{ond}})$$

avec :  
 $V_u$  = tension continue fournie (en volts).  
 $V_{\text{eff}}$  = tension efficace d'un demi-secondaire (tension  $V_S$  en volt).

$V_D$  = tension directe des diodes (en volts).  
 $V_{\text{ond}}$  = tension d'ondulation crête-à-crête (en volts).

Le courant continu (en ampères) dans  $R_u$  est :

$$I_u = \frac{V_u}{R_u}$$

( $V_u$  en volts,  $R_u$  en ohms).

### Caractéristiques des diodes

$I_D > I_u$  et  $V_R > 2 V_u$   
(Dans le cas d'un redresseur double alternance à 2 diodes alimentant un circuit  $R_u$  avec condensateur de filtrage).

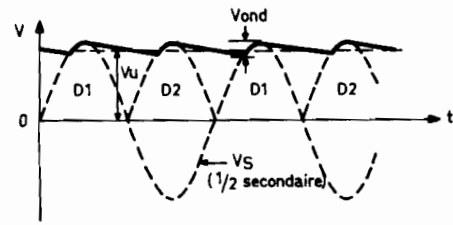


FIGURE 9

#### Exemples

1° Dans une alimentation à redressement double alternance, fournissant 0,1 A sous 9 V, nous souhaitons avoir une tension d'ondulation inférieure à 0,5 V crête-à-crête. Quelle doit être la valeur minimale de C ?

$$C = \frac{10 \times 100}{0,5} = 2\,000 \mu\text{F}$$

2° Pour la même alimentation que ci-dessus, nous voulons connaître la tension que doit donner le transformateur. Nous voulons également savoir si deux diodes au silicium, dont les caractéristiques sont  $I_{D \max} = 200 \text{ mA}$  et  $V_{R \max}$ , pourront convenir.

La valeur de la tension du secondaire est tirée de la formule donnant  $V_u$ .

Tension efficace de  $V_s =$

$$\frac{V_u + (V_D + 0,5 V_{\text{ond}})}{\sqrt{2}}$$

$$\text{soit } \frac{9 + (0,7 + 0,25)}{1,414} = 7 \text{ V}$$

Le secondaire devra fournir deux fois 7 V.

Les diodes proposées peuvent être employées puisque :

$$I_D > 100 \text{ mA} \text{ et } V_R > 18 \text{ V}$$

### Diodes en redressement en pont (fig. 10)

Dans ce redressement les diodes  $D_1$  et  $D_3$  sont en série (de même que  $D_2$  et  $D_4$ ). Il en résulte une chute directe double, tandis que la tension inverse se répartit sur 2 diodes.

#### 1° Sans condensateur de filtrage

Les formules sont :

$$V_{u \max} = V_{\max} - 2 V_D$$

$$V_{u \text{ moy}} = \frac{2 V_{u \max}}{\pi}$$

$$I_{u \max} = \frac{V_{u \max}}{R_u}$$

$$I_{u \text{ moy}} = \frac{2 I_{u \max}}{\pi}$$

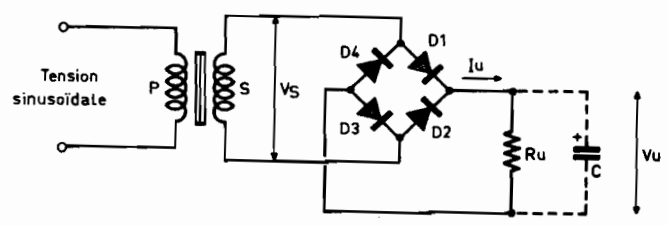


FIGURE 10

avec :

 $V_{u \max}$  = tension max. redressée (en volts) $V_{\max}$  = valeur max. de la tension secondaire  $V_S$  (en volts) $V_D$  = chute de tension directe de la diode (0,7 V pour une diode au silicium) $V_{u \text{ moy}}$  = tension moyenne redressée (en volts) $I_{u \text{ moy}}$  = courant max. redressé (en ampères) $I_{u \text{ moy}}$  = courant moyen redressé (en ampères) $R_u$  = résistance équivalente de la charge (en ohms)

### Caractéristiques des diodes

$$I_D > I_{\text{moy}} \text{ et } V_R > \frac{V_{u \max}}{2}$$

(redressement en pont sans condensateur de filtrage).

### 2° Avec condensateur de filtrage

Les formules sont :

$$V_{\text{ond}} \approx \frac{10 I_u}{C}$$

$$V_u = (V_{\text{eff}} \times \sqrt{2}) - (2V_D + 0,5 V_{\text{ond}})$$

$$I_u = \frac{V_u}{R_u}$$

avec :

 $V_{\text{ond}}$  = tension d'ondulation crête-à-crête (en volts) $I_u$  = courant continu dans  $R_u$  (en mA) $C$  = capacité du condensateur de filtrage (en  $\mu\text{F}$ ) $V_u$  = tension continue redressée (en volts) $V_{\text{eff}}$  = valeur efficace de la tension à redresser  $V_S$  (en volts) $V_D$  = chute directe dans une diode (en volts) $R_u$  = résistance équivalente du circuit alimenté en continu (en ohms)

### Caractéristique des diodes

$$I_D > I_u \text{ et } V_R > V_u$$

(redressement en pont avec condensateur de filtrage).

**Exemple :** Avec une tension secondaire de 70 V efficaces, une charge  $R_u$  de 500  $\Omega$  et une tension d'ondulation de 0,5 V crête-à-crête, la tension continue redressée est :

$$V_u = (70 \times 1,414) - (1,4 + 0,25), \text{ soit } 97 \text{ V}$$

et le courant continu redressé :

$$I_u = \frac{97}{500}, \text{ soit } 194 \text{ mA}$$

Le courant direct des diodes doit être au moins égal à 200 mA et la tension inverse supérieure à 100 V.

J.-B. P.

## LA « RADIOVISION » NOUVEAU SUPPORT VISUEL D'INFORMATION

Le jeudi 9 janvier 1986, au cours d'une Conférence de Presse organisée dans les salons Philips de l'avenue Montaigne, la société Portenseigne (responsable techniquement de l'exploitation du nouveau média) a présenté, la « Radiovision », un procédé original, permettant de véhiculer des informations visualisables sur l'écran d'un Minitel (et par son intermédiaire sur celui d'un téléviseur de format supérieur) ou d'un micro-ordinateur (le Minitel n'est pas nécessairement relié au réseau téléphonique). L'information visuelle codée numériquement est insérée, de manière totalement inaudible (à une cadence assez lente : 300 bauds), à l'intérieur de la bande audio, transmise par un émetteur M.F. dont l'extrait ensuite un boîtier décodeur. Le codeur utilisé à l'émission

de même que le décodeur nécessaire au récepteur sont, l'un et l'autre, fabriqués par les établissements Portenseigne et leur conception protégée par plusieurs brevets internationaux. L'information ainsi transmise est constituée de textes ou de graphiques.

Le procédé « Radiovision » exploite une invention de M. Baranoff-Rossine, conçue à l'origine comme codage des disques phonographiques, permettant d'effectuer le relevé automatique des titres diffusés par les postes de radiodiffusion nationaux, à l'intention des sociétés d'auteurs (SACEM). Lorsqu'apparurent, presque simultanément en France, les radios libres et les Minitels, M. Baranoff vit immédiatement de nouveaux développements de son système. Une aide à l'innovation

de l'ANVAR a ainsi sanctionné cinq années de travail. La « Radiovision » était née et la société Portenseigne obtenait, par concession, une licence exclusive de fabrication.

Une opération-test fut organisée, grâce à la collaboration de Portenseigne, de M. Dimitri Baranoff et de « RVS » (Radio Vallée de Seine), dynamique radio locale de la région rouennaise. La station « RVS » fut chargée de mettre en place le système de codage et de diffuser les programmes « Radiovision » spécialement conçus par ses centres serveurs (Parisien Libéré, G-CAM). Les décodeurs fabriqués par Portenseigne (au centre de Louviers) furent remis à une centaine d'auditeurs.

Les résultats favorables de ce test confirmèrent Portenseigne dans sa décision de commercia-

lisation des décodeurs. Les programmes du test se composaient de « radio-clips » (chanson avec soutien visuel des paroles originales et de leur traduction française simultanée), d'informations-flash (état des routes...), de petites annonces ; participation sollicitée des auditeurs (vote pour un hit-parade des chansons). De nombreuses applications nouvelles restent à découvrir.

Le lancement officiel de la « Radiovision » aura lieu à l'occasion du Festival du Son et de l'Image (16-23 mars 1986). Au cours du second semestre 1986, les décodeurs seront commercialisés par l'intermédiaire des circuits de distribution habituels de Portenseigne dans les zones touchées par la « Radiovision », dont l'extension devrait être rapide.