

traverse le réseau, comme dans le type n, mais en réalité, à chaque « pas » c'est un autre électron qui prend possession d'un nouveau trou... en laissant toujours un derrière lui. Ainsi l'ensemble des trous semble se mouvoir dans le sens opposé à celui des électrons : sous l'influence d'une tension extérieure, ils se comportent en effet comme des particules positives.

Les physiciens ont adopté cette explication des faits, et on admet que le mouvement des trous correspond à un courant à travers le réseau cristallin.

L'atome d'indium mêlé au germanium porte le nom « d'accepteur », et l'alliage obtenu est appelé germanium type p (positif).

Ce phénomène peut être obtenu non seulement en dopant la masse du germanium avec de l'indium, mais aussi par fusion locale d'une pointe de métal avec le cristal.

Dans les semiconducteurs, électrons et trous sont appelés « porteurs de charges ».

5-5. — Analogie du courant électronique.

On a souvent comparé le courant électrique à la circulation de l'eau dans un tuyau. Cette analogie n'étant pas valable pour expliquer le fonctionnement des semiconducteurs, nous emploierons ici une autre image.

Un conducteur électrique sera représenté par un tuyau rempli de sable saturé d'eau, de manière que plus aucune trace d'air ne puisse subsister entre ses grains. Ceux-ci figureront les noyaux des atomes du métal ; les gouttes d'eau, s'intercalant entre eux, figureront les électrons.

Mettons maintenant ce « conducteur » sous tension (fig. 5-5 a), en faisant couler de l'eau (représentant les électrons) d'une source extérieure, sur le sable déjà saturé. L'eau va s'infiltrer à travers les grains vers le bas du tuyau et s'écouler goutte à goutte. C'est à peu près ainsi que circulent les électrons à travers le réseau d'atomes d'un conducteur.

Disposons à présent, sous le premier, un second tuyau garni cette fois d'une couche de sable sec, et entre les grains duquel se trouvent retenues des bulles d'un gaz léger. Nous allons voir l'eau tomber du tuyau

dans le réseau. Si, par exemple, un atome d'arsenic As (fig. 5-4 a) (qui comporte 5 électrons sur sa couche extérieure, tendant à se lier aux électrons des atomes voisins) est introduit dans le réseau de germanium, 4 de ses électrons se relient, par l'intermédiaire des électrons correspondants, aux 4 atomes de germanium. Ce fixer (fig. 5-4 a). Cet électron libre peut alors se déplacer dans le réseau, et, sous l'influence d'une tension, tend à s'éloigner du pôle négatif vers le pôle positif. L'atome d'arsenic est appelé « donneur », et le cristal dopé est appelé germanium du type n (négatif).

Par contre, d'autres éléments, comme par exemple l'indium, ne possèdent que 3 électrons tendant à se lier, il reste alors un trou dans le réseau cristallin (fig. 5-4 b). Un électron s'y glisse aussitôt pour combler la liaison des deux atomes, mais sa place est devenue vacante. Sur une autre orbite, un électron semble cheminer à

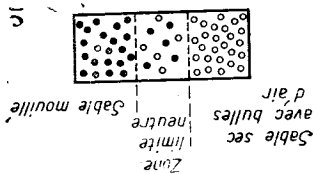
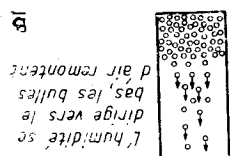
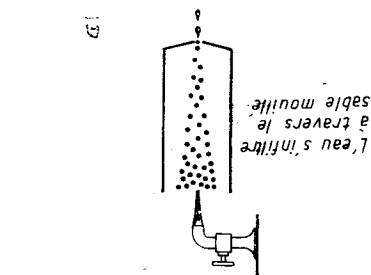


Fig. 5-5. — Analogie entre le courant électronique et la circulation d'eau.

supérieur, s'infiltrer dans le sable sec, y déloger les bulles de gaz, puis celles-ci enfin remonter à la surface (fig. 5-5 b). Au « courant » de bulles (figurant les trous) circulant dans un sens, correspond un « courant » d'eau (figurant les électrons) circulant en sens inverse.

Remplissons une moitié d'un de ces tuyaux avec du sable mouillé et l'autre avec du sable sec mélangé de bulles de gaz, et plaçons-le horizontalement (fig. 5-5 c). Les deux parties vont tout d'abord demeurer dans le même état, puis une partie des bulles de gaz et une partie de l'humidité vont se mélanger au centre du tuyau, créant une sorte de zone d'équilibre. C'est, dans les semiconducteurs, l'effet de diffusion.

Redressons le tuyau de façon à placer le sable mouillé en bas (fig. 5-5 d). Là, aucune humidité ne peut parvenir à la partie supérieure. L'eau se dépose au fond, le gaz gagne la surface : le tuyau n'est pas conducteur de l'humidité. Invertissons la polarité, c'est-à-dire retournons le tuyau, et plaçons ainsi le sable mélangé de gaz en bas (fig. 5-5 e). Aussitôt l'humidité va traverser tout le tuyau en exerçant une pression sur les bulles de gaz qui vont regagner la surface : le tuyau est devenu conducteur de l'humidité.

5-6. — Jonction p-n.

L'analogie du paragraphe précédent, qui comme toutes les images de ce genre ne peut être qu'approximative, n'avait d'autre ambition que donner une idée du mode de déplacement de l'humidité, c'est-à-dire du courant d'électrons, car le courant de bulles de gaz, ou courant des trous, n'intervient que dans la mesure où l'on doit savoir qu'il se produit en sens inverse du premier.

Si l'on soude ensemble un élément de germanium du type *p* et un du type *n* (fig. 5-4 a et b), on obtient une *jonction p-n*. Dans la zone de transition de la jonction, qu'on appelle simplement *jonction*, après l'effet de *diffusion*, c'est-à-dire après avoir pénétré légèrement chacun dans le domaine opposé, électrons et trous vont s'équilibrer (fig. 5-6 a et 5-5 c).

Lorsqu'une tension est appliquée à une jonction *p-n*, avec la polarité indiquée dans la figure 5-6 b, d'après les lois de

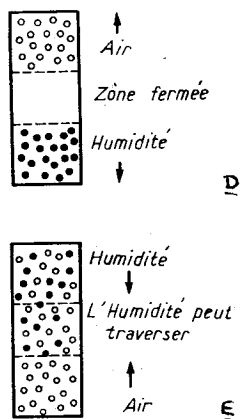


Fig. 5-5. — (suite).

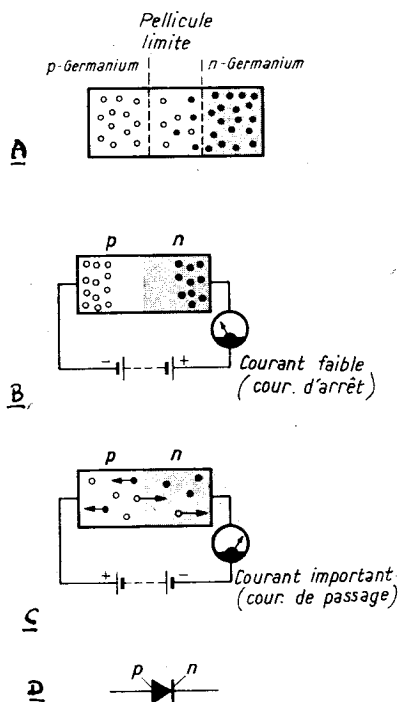


Fig. 5-6. — Les trois phases du fonctionnement d'une jonction *p-n*. En d, représentation symbolique.