

L'effet tunnel pour l'électron.

Ce que font les photons, toutes les particules doivent, au moins en principe, pouvoir le faire : nous verrons que les électrons le peuvent et qu'il s'ensuit des effets étonnants.

Mais on ne doit pas parler aux électrons le langage de l'optique : il faut leur parler le langage de l'électricité.

Au lieu d'un prisme de verre, nous prendrons un morceau de métal, une *électrode* que nous désignerons par A. Il existe en permanence, à l'intérieur de cette électrode, un grand nombre d'électrons libres : ils remplaceront les photons, qui étaient dans la lumière. Quant à l'indice de réfraction du milieu, il sera représenté par le potentiel électrique auquel est portée l'électrode.

En même temps, nous prendrons une électrode voisine semblable B que nous mettrons au voisinage de A : ce sera pour nous l'analogie de la lentille. Entre les deux électrodes, il y aura une petite épaisseur de vide, d'un isolant quelconque, ou d'air, tout simplement.

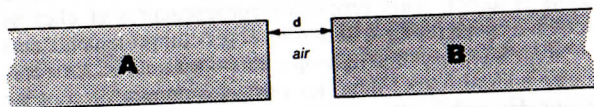


Figure 5. L'effet tunnel entre deux électrodes.

Il existe, dans les deux électrodes A et B, comme dans tout métal, des électrons libres qui s'agitent, mais ils sont retenus à l'intérieur du métal et ne peuvent en franchir les parois. Imaginons maintenant qu'on établisse une différence de potentiel, une *tension*, entre les deux électrodes, de telle façon que A soit porté à un potentiel électrique légèrement (de quelques volts) inférieur à celui de B. Autrement dit, A sera "plus négatif" que B. Alors, les électrons (parce que leur charge électrique est négative) subiront une petite force qui les poussera de A vers B.

Il devrait s'ensuivre un courant, entre A et B, mais en général, la couche d'air ou d'un autre isolant qui sépare les deux électrodes empêchera le courant de passer, tout comme la couche d'air qui s'interposait entre le prisme et la lentille, dans l'expérience précédente, empêchait en général la lumière de se propager.

L'obstacle que la paroi de chaque électrode oppose à la sortie des électrons qui y restent enfermés crée ici l'analogie de la réflexion totale de la lumière sur la paroi du prisme.

Mais, tout comme la lumière, les électrons sont ondulatoires. Il y aura donc, ici aussi, une *onde évanescente*, qui, comme celle de Fresnel, sortira non plus du prisme mais de l'électrode et, tout comme dans le cas optique, sur une petite épaisseur de l'ordre de la longueur d'onde. L'onde sera évidemment celle de De Broglie (signalons au passage que, bien entendu, tout ceci n'est pas une simple métaphore formulée verbalement : c'est le commentaire d'un calcul précis qu'on effectue grâce à l'équation de Schrödinger).

Mais, pour l'électron, en tant que particule, que signifie cette onde évanescente qui déborde de l'électrode ? On peut dire d'une façon un peu vague et "sentimentale" que, malgré le potentiel électrique qui devrait le retenir à l'intérieur de l'électrode, l'électron serait en quelque sorte "tenté" de sortir, tout au moins dans une petite couche dont l'épaisseur est de l'ordre de la longueur d'onde.

D'une façon plus précise, la mécanique quantique attribue à l'électron une *probabilité de présence* qui est donnée, en chaque point de l'espace, par l'*intensité de son onde*. Là où il n'y a pas d'onde, il n'y a donc pas d'électrons, mais puisque l'onde déborde légèrement en dehors des parois de l'électrode, cela signifie que, dans cette petite couche, il existe une probabilité de présence et que des électrons peuvent s'y trouver. Ils ne sont donc plus rigoureusement enfermés comme ils le seraient s'ils avaient été purement corpusculaires. On voit que le même schéma se reproduit encore une fois : l'onde affaiblit un interdit qui serait imposé aux particules.

De même que nous approchions la lentille, tout près du prisme, pour saisir l'onde lumineuse évanescente et retrouver une onde lumineuse qui se propage, nous allons maintenant rapprocher l'électrode B de l'électrode A (n'oublions pas que nous avons pris soin d'établir entre A et B une différence de potentiel qui pousse les électrons de A vers B).

Quand nous serons à une distance très faible, de l'ordre de la longueur d'onde électronique, nous entrerons dans l'onde évanescente et, comme dans le cas optique, cette onde deviendra, dans l'électrode B, une onde qui se propage,