

Pour décrire l'existence du rayonnement de point zéro à l'aide de la théorie classique de l'électron, il faut modifier beaucoup cette dernière : si l'on utilise encore les lois du mouvement de Newton, pour les électrons, et les équations de Maxwell, pour le champ électromagnétique, on impose de nouvelles conditions aux limites : le vide contient initialement des champs électromagnétiques aléatoires, dont le spectre est un spectre de point zéro. Cette théorie corrigée constitue la théorie classique de l'électron avec rayonnement électromagnétique classique de point zéro, que l'on appelle plus simplement l'électrodynamique stochastique.

Les nouvelles conditions aux limites modifient les prévisions théoriques. Considérons, par exemple, l'un des modèles favoris de la physique moderne : un oscillateur harmonique constitué d'un électron lié à un ressort parfaitement élastique et sans frottement. Plaçons ce système mécanique idéal dans le vide classique : quand on lâche l'électron après avoir tendu le ressort, l'électron oscille autour de sa position d'équilibre et il émet un rayonnement électromagnétique à une fréquence caractéristique.

L'oscillateur harmonique est un modèle pratique, car on peut facilement calculer le mouvement de l'électron.

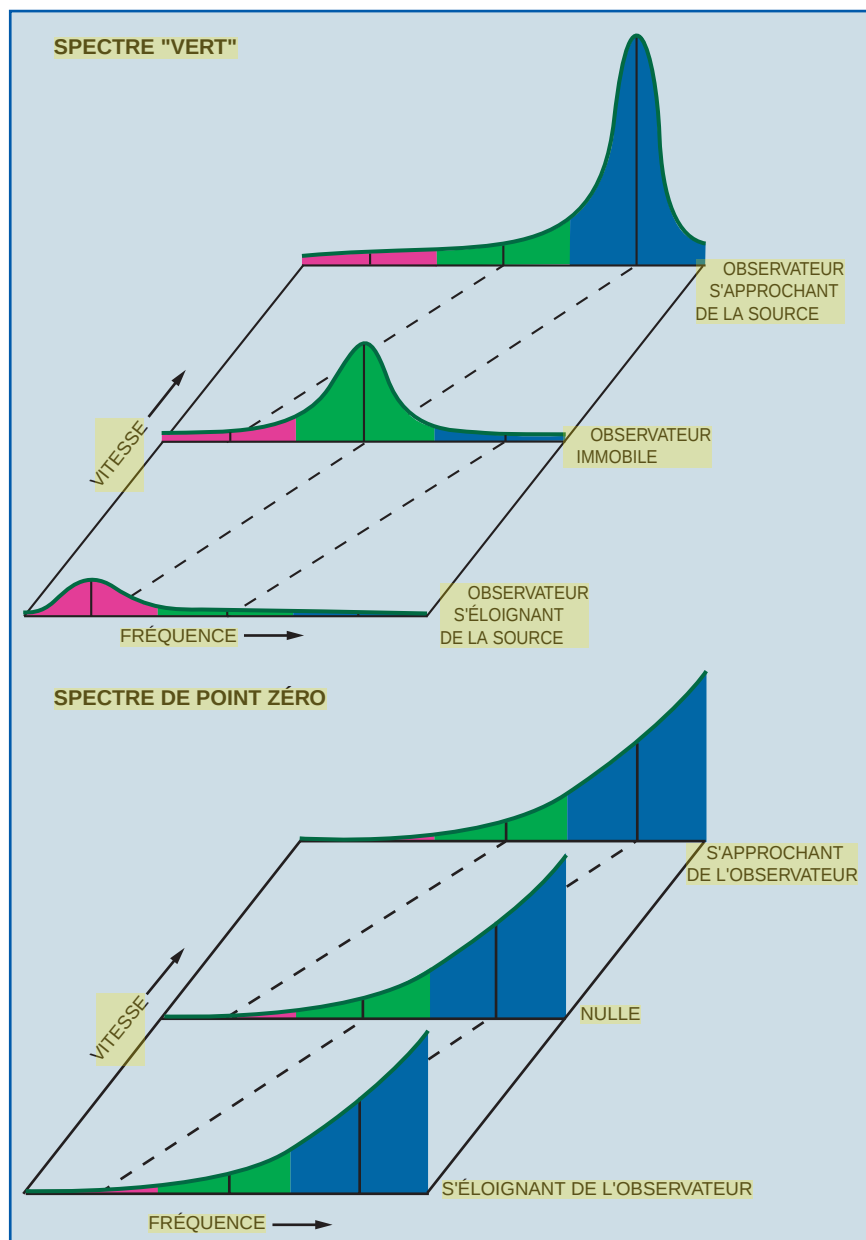
Selon la théorie classique de l'électron non modifiée, deux forces seulement agissent sur l'électron : la force de rappel du ressort et une force de réaction due à une émission de rayonnement ; comme la réaction s'oppose au mouvement de l'électron, les oscillations s'amortissent et l'électron finit par s'immobiliser. En revanche, selon l'électrodynamique stochastique, une force supplémentaire, due au rayonnement de point zéro, agit sur l'électron : l'électron interagit sans cesse avec les champs aléatoires de point zéro, de sorte qu'il ne s'immobilise jamais. L'oscillateur harmonique conserve une énergie moyenne, liée au spectre de point zéro et égale au produit de la moitié de la constante de Planck par la fréquence d'oscillation.

Jusqu'à ce point, nous avons décrit le vide classique tel que l'observe un observateur au repos ou en mouvement à vitesse constante. Les effets du rayonnement de point zéro sont cependant encore plus étonnants quand l'observateur est accéléré, c'est-à-dire lorsque sa vitesse change soit en intensité, soit en direction.

Les effets de l'accélération

Considérons un observateur dans une fusée qui accélérerait de façon constante par rapport à un référentiel supposé fixe, par exemple celui défini par des étoiles très éloignées. Comment cet observateur voit-il le vide classique ? Pour le savoir, il faut passer, par une transformation mathématique, du réfé-

rentiel fixe au référentiel accéléré. La transformation de Lorentz s'applique à des référentiels en mouvement uniforme les uns par rapport aux autres, mais ici, le problème est plus complexe, car la vitesse de l'observateur varie constamment. On peut cependant le résoudre en effectuant plusieurs transformations de Lorentz successives sur de petits intervalles de temps.



8. LE SPECTRE DE POINT ZÉRO est indépendant de la vitesse de l'observateur en raison des variations inverses de la fréquence et de l'intensité des rayonnements. Lorsqu'un observateur s'approche d'une source du rayonnement, toutes les fréquences sont décalées vers les hautes fréquences et toutes les intensités augmentent ; quand il s'en éloigne, c'est l'inverse qui se produit. Ainsi un spectre qui présente un pic dans le vert, pour un observateur immobile, présente un pic plus important dans le bleu pour un observateur qui s'approche de la source et un pic plus faible, dans le rouge, pour un observateur qui s'en éloigne. La courbe cubique qui décrit le spectre de point zéro est la seule où les décalages en fréquence et en intensité se compensent : la lumière qui apparaît verte dans le référentiel immobile devient bleue pour un observateur qui s'approche, mais son intensité devient égale à celle de la lumière bleue que voit l'observateur au repos ; de même, la lumière verte devient rouge pour un observateur qui s'éloigne, mais son intensité diminue en proportion.