

La balance du watt permet de relier la masse à la constante de Planck. En partant d'un étalon de un kilogramme, les métrologues fixeront définitivement la valeur de la constante de Planck. Dès lors, la balance pourra être utilisée pour mesurer n'importe quelle masse, indépendamment d'un étalon matériel qui pourrait s'altérer au cours du temps.

Ce dispositif, complexe, ressemble à une balance à deux plateaux. Sous l'un des plateaux (*celui de gauche, ci-dessous*) est suspendue une bobine horizontale constituée d'un fil conducteur de longueur L enroulé sur lui-même. Un système externe crée un champ magnétique B radial et horizontal où est plongée la bobine. La balance fonctionne selon deux modes complémentaires qui doivent être réalisés pour convertir la masse en constante de Planck et inversement.

En mode statique, on pose sur le plateau de gauche un étalon de un kilogramme; cette masse est notée m . Pour compenser le poids mg de l'étalon (où g est l'accélération de pesanteur locale), on ajuste le courant i qui parcourt la bobine et qui crée sur celle-ci une force de Laplace verticale, d'amplitude iBL . À l'équilibre, on obtient la relation $mg = iBL$. Un interféromètre laser permet de s'assurer qu'on a atteint la position d'équilibre.

En mode dynamique, on retire l'étalon.

On déplace la bobine verticalement à vitesse constante v , toujours dans le champ magnétique B . Une tension apparaît aux bornes de la bobine, de la forme $U = vBL$. L'interféromètre laser assure que la vitesse est bien constante.

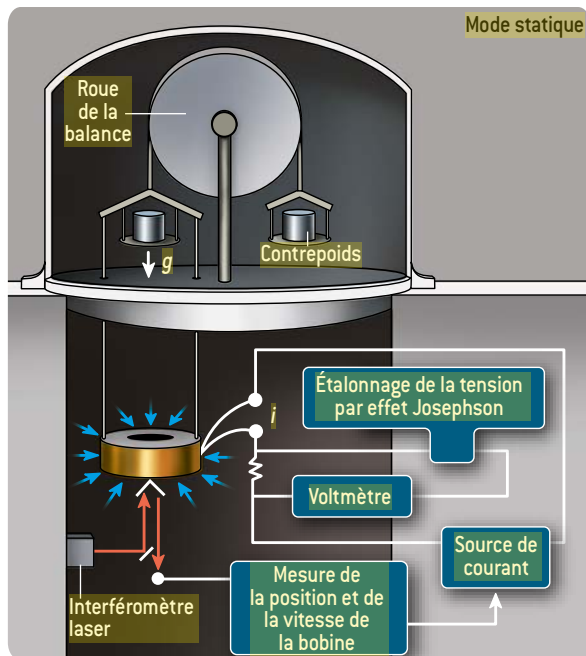
En combinant les mesures des deux modes, on élimine le produit BL , qu'il est difficile de mesurer avec précision. On obtient $mgv = Ui$. Chaque membre de cette égalité a la dimension d'une puissance (puissance mécanique, à gauche, et puissance électrique, à droite), d'où le nom de balance du watt (l'unité de la puissance). Pour relier la masse m à la constante de Planck h , on fait appel à deux phénomènes quantiques, l'effet Josephson et l'effet Hall quantique.

L'effet Josephson se traduit par la circulation d'un courant électrique entre deux matériaux supraconducteurs séparés par une couche mince isolante. Dans les

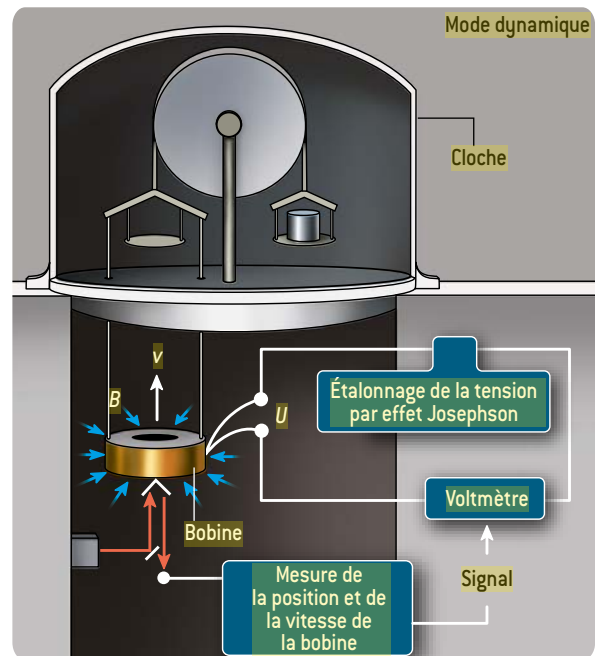
matériaux supraconducteurs, les électrons s'associent par paires, les paires de Cooper, et circulent sans résistance. Ces paires n'existent pas dans les isolants, mais elles passent ici d'un supraconducteur à l'autre par effet tunnel. En irradiant la jonction à une fréquence donnée f , la tension à travers la jonction dépend du courant des paires. On voit un « escalier » des tensions en fonction du courant appliqué, dont la différence entre deux marches successives est fh/e , où e est la charge de l'électron. Ce dispositif permet de déterminer la tension du mode dynamique de la balance du watt.

L'effet Hall classique correspond à la formation d'une tension perpendiculaire à la circulation d'un courant traversant un matériau baigné dans un champ magnétique. On définit une résistance Hall associée. Dans un semi-conducteur bidimensionnel et à basse température, cette résistance ne prend que certaines valeurs discrètes, qui dépendent de la constante de von Klitzing h/e^2 . Le courant du mode statique de la balance est déterminé en combinant l'effet Hall quantique et l'effet Josephson.

En fin de compte, la masse m est proportionnelle à la constante de Planck h .



LA BALANCE DU WATT permet des mesures de précision dont le résultat peut être faussé par de nombreux facteurs. Il est notamment crucial de limiter les vibrations du système. En outre, le dispositif est placé sous une cloche au sein duquel règne un vide poussé, afin



d'éviter des phénomènes tels que les mouvements de convection de l'air. Le champ magnétique externe peut exercer une force sur la masse test; il faut donc isoler celle-ci de ce champ créé par l'aimant supraconducteur, alors même que ce champ est intense.