

# La boîte à lumière

Manjit Kumar. LE GRAND ROMAN DE LA PHYSIQUE QUANTIQUE. Einstein, Bohr et le débat sur la nature de la réalité. *Extraits*



Einstein et Bohr marchant ensemble à Bruxelles lors du congrès Solvay de 1930.

Ils sont certainement en train de discuter de l'expérience d'Einstein avec la boîte à lumière, qui mit temporairement Bohr en difficulté, le conduisant à craindre la « fin de la physique » si les idées d'Einstein se révélaient correctes. (Photographie de Paul Ehrenfest, reproduite avec l'aimable autorisation des Archives visuelles Emilio Segrè de l'AfP, collection Ehrenfest.)

## P. 341

Imaginez une boîte pleine de lumière, lui demanda Einstein. Sur une de ses parois se trouve un trou muni d'un obturateur qui peut être ouvert ou fermé par un mécanisme relié à une horloge à l'intérieur de la boîte. Cette horloge est synchronisée avec une autre dans le laboratoire. Pesez la boîte. Réglez l'horloge de façon à ce qu'à un certain moment elle ouvre l'obturateur le plus brièvement possible, mais juste assez pour qu'un seul photon s'échappe. Nous savons maintenant avec précision, expliqua Einstein, à quel moment le photon a quitté la boîte. Bohr écoutait sans s'inquiéter : tout ce qu'Einstein avait proposé semblait simple et irréfutable. Le principe d'incertitude ne s'appliquait qu'à des couples de variables complémentaires - la position et la quantité de mouvement, ou l'énergie et le temps. Il n'imposait aucune limite au degré de précision avec lequel l'une des variables de chaque couple pouvait être mesurée. C'est alors que, avec un discret sourire, Einstein prononça ces paroles fatales : pesez la boîte encore une fois. En un éclair, Bohr se rendit compte que lui-même et l'interprétation de Copenhague avaient de gros ennuis. Pour calculer la quantité de lumière qui s'était échappée, contenue dans un seul photon, Einstein se servit d'une découverte remarquable qu'il avait faite lorsqu'il était encore employé à l'Office des brevets à Berne : l'énergie est la masse, et la masse est l'énergie. Ce stupéfiant sous-produit de ses travaux sur la relativité fut résumé par Einstein sous la forme de son équation la plus simple et la plus célèbre :  $E = mc^2$ , où  $E$  est l'énergie,  $m$  la masse et  $c$  la vitesse de la lumière. En pesant la boîte à lumière avant et après la sortie du photon, il est facile de calculer la différence de masse. [...] Einstein avait apparemment conçu une expérience capable de déterminer simultanément l'énergie du photon et l'instant de sa fuite avec un degré de précision interdit par le principe d'incertitude de Heisenberg.

## P. 344 à 346

Dans son impatience à vouloir démolir l'interprétation de Copenhague de la réalité quantique, Einstein avait oublié de tenir compte de sa propre théorie de la relativité générale. Il avait ignoré les effets de la gravitation sur la mesure du temps par l'horloge à l'intérieur de la boîte à lumière. [...] Selon la relativité générale, la théorie einsteinienne de la gravitation, la vitesse à laquelle une horloge égrène les secondes dépend de sa position dans un champ gravitationnel. En outre, une horloge en mouvement dans un champ gravitationnel retarde par rapport à une horloge stationnaire. Bohr se rendit compte que cela impliquait que peser la boîte à lumière affectait le fonctionnement de l'horloge à l'intérieur. La position de la boîte à lumière dans le champ gravitationnel terrestre est modifiée par l'acte consistant à aligner l'aiguille sur le zéro de l'échelle. Ce changement de position modifierait la vitesse de fonctionnement de l'horloge, qui ne serait plus synchronisée avec celle du laboratoire, ce qui rendrait impossible à déterminer aussi précisément qu'Einstein le supposait l'instant précis où l'obturateur s'ouvre et où le photon s'échappe de la boîte. [...]

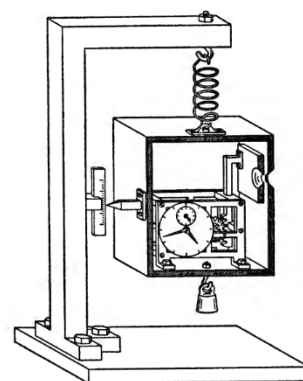


Figure 18 : Interprétation par Bohr de la boîte à lumière d'Einstein des années 1930 (Archives Niels Bohr, Copenhague).