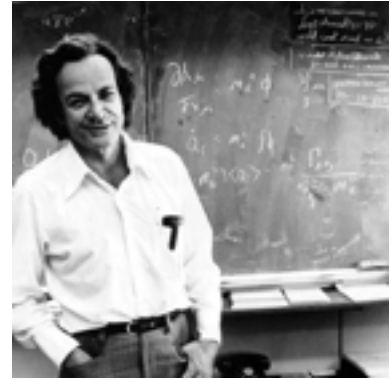


Feynman et l'énergie

Richard FEYNMAN a été prix nobel de Physique en 1965. Il est le père de l'électrodynamique quantique et a profondément marqué la Physique moderne.



«Il y a un fait, ou une loi si vous préférez, qui gouverne tous les phénomènes naturels que nous connaissons. Il n'y a aucune exception à cette loi : elle est exacte pour tout ce que nous savons. Cette loi est appelée la conservation de l'énergie.

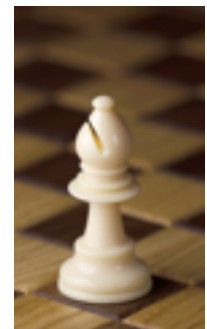
Elle dit qu'il y a une certaine quantité, que nous appelons « énergie », qui ne change pas quels que soient les changements qui interviennent dans la nature. C'est une idée très abstraite parce que c'est un principe mathématique qui dit qu'il y a une valeur numérique qui ne change pas lorsque quelque chose se produit..

Ce n'est pas la description d'un mécanisme ou quoi que ce soit de concret, c'est un fait étonnant que lorsque nous calculons un nombre, que nous observons ensuite la nature faire ses trucs et que nous calculons le nombre à nouveau, on tombe sur le même qu'avant.

Il est important de réaliser qu'en physique actuelle, nous n'avons aucune connaissance de ce que l'énergie « est ». L'énergie n'est pas faite de petits paquets d'une certaine quantité. Ce n'est pas ça. C'est une chose abstraite qui ne nous dit rien sur le mécanisme ou la raison des différentes formules.

Imaginons que la physique, ou plutôt la nature, est un vaste jeu d'échecs avec des millions de pièces, et que nous efforçons de découvrir la règle du jeu. Les grandes divinités qui jouent le font très rapidement, on a de la peine à suivre et à comprendre. Pourtant, nous arrivons à saisir certaines règles, et parmi celles que nous découvrons il y en a qui ne nécessitent pas d'observer tous les mouvements.

Par exemple, supposons qu'il y ait un seul fou, le fou blanc, sur l'échiquier; puisque le fou avance en diagonale et donc reste toujours sur des cases de la même couleur, si on détourne un instant le regard pendant que les dieux jouent et qu'on le reporte à nouveau sur le jeu, on peut s'attendre à trouver encore un fou blanc sur l'échiquier, sa position aura peut-être changé mais la couleur de sa case sera restée la même. Telle est l'essence même d'une loi de conservation. nous n'avons pas besoin d'entrer dans le jeu pour en connaître au moins les rudiments.»



- 1) *Qu'est-ce-qu'une loi de conservation?*
- 2) *Que veut montrer Feynman en prenant l'exemple des échecs?*

Feynman et la conservation de l'énergie

«La conservation de l'énergie est un petit peu plus difficile (*que la conservation des objets*), car, cette fois, nous avons un nombre qui ne varie pas avec le temps, mais ce nombre ne représente aucun objet particulier. Je voudrais utiliser une analogie un peu bête pour vous donner quelques explications.

Imaginez une mère qui laisse son enfant seul dans une pièce avec vingt-huit cubes absolument indestructibles. L'enfant joue avec les cubes toute la journée, et lorsqu'elle revient elle constate qu'il y a bien vingt-huit cubes; à chaque fois elle vérifie la conservation des cubes ! Cela continue pendant quelques jours, puis, un jour, à son retour, elle ne trouve plus que vingt-sept cubes. Cependant, elle trouve un cube dehors, au pied de la fenêtre, où l'enfant l'a jeté. La première chose à réaliser dans une loi de conservation, c'est que vous devez veiller à ce que le truc à contrôler ne passe pas de l'autre côté du mur. L'inverse pourrait se produire, si un petit garçon venait jouer avec l'enfant et apportait des cubes avec lui. Ce sont évidemment là des questions qu'il faut envisager quand on discute des lois de conservation.



Imaginez maintenant que la mère venant compter les cubes n'en trouve un jour que vingt-cinq, mais soupçonne l'enfant d'en avoir caché trois dans une petite boîte. Elle dit alors "je vais ouvrir cette boîte.- Non, répond l'enfant, tu ne dois pas l'ouvrir. "En mère intelligente, elle répond : "Je sais que la boîte vide pèse 600 g et que chaque cube pèse 100 g. Je vais donc peser la boîte." Ainsi, en faisant le total du nombre de cubes, elle obtient : Nombre de cubes visibles + .. et le total fait 28. Ce système marche très bien pendant un certain temps, puis un jour le total ne tombe pas juste. Cependant, elle remarque que l'eau sale dans l'évier a changé de niveau. Elle sait que la profondeur de l'eau est de 6 cm quand il n'y a pas de cubes au fond et que le niveau monterait d'un demi-centimètre s'il y avait un cube dedans; elle ajoute donc un autre terme et obtient alors : Nombre de cubes visibles + ...et de nouveau le total fait 28.

A mesure que l'ingéniosité de l'enfant se développe, celle de la mère en fait autant, et on ajoute de plus en plus de termes, qui tous représentent des cubes, mais qui du point de vue des mathématiques ne sont que des calculs abstraits, puisque les cubes restent invisibles. Je voudrais maintenant établir mon analogie, et vous expliquer les ressemblances et les différences entre cet exemple et la conservation de l'énergie.

Supposons d'abord que dans aucun des cas la mère n'ait vu de cubes. Le terme "nombre de cubes visibles" n'apparaît jamais. La mère, alors, serait toujours en train de calculer un tas de termes tels que "cubes dans la boîte", "cubes dans l'eau", etc. Pour l'énergie, cette différence existe, il n'y a pas de cubes, pour autant qu'on puisse dire. De plus, contrairement à l'exemple des cubes, en ce qui concerne l'énergie, les nombres qu'on obtient ne sont pas des nombres entiers. Je suppose qu'il pourrait arriver à cette pauvre mère, lorsqu'elle calcule un terme, d'obtenir 6 cubes $\frac{1}{8}$, pour un autre terme $\frac{7}{8}$ de cube, et pour les autres 21, ce qui fait encore un total de 28. Voilà à quoi ressemble la conservation de l'énergie.

On a ainsi découvert pour l'énergie une procédure avec une série de règles. A partir de chaque groupe de règles, on peut calculer un nombre pour chaque type d'énergie. En

additionnant tous ces nombres ensemble, pour toutes les différentes formes d'énergie, on obtient toujours le même total. Mais autant que l'on sache, il n'y a pas de véritables unités, pas de petits roulements à billes. C'est une abstraction purement mathématique : il y a un nombre qui reste le même, quel que soit l'instant où on le calcule. Je ne peux pas donner une meilleure interprétation que celle-là. Cette énergie a toutes sortes de forme, analogue aux cubes dans la boîte, aux cubes dans l'eau, etc. Il y a l'énergie due au mouvement, appelée énergie cinétique, l'énergie due à l'interaction gravitationnelle, l'énergie thermique, l'énergie électrique, l'énergie de la lumière, l'énergie élastique des ressorts, etc., l'énergie chimique, l'énergie nucléaire, - et il y a aussi l'énergie que possède une particule de par le simple fait d'exister, énergie qui dépend directement de la masse, cette dernière est la contribution d'Einstein, comme vous le savez certainement. $E = mc^2$ est l'équation fameuse de la loi dont je suis en train de parler.»

- 1) Dans le texte, qu'est-ce qui est censé se conserver au cours du temps ? Décrire les situations du texte où cette conservation est, en apparence, brisée ? Reformuler l'idée présentée par Feynman dans ce paragraphe en utilisant obligatoirement les mots système, extérieur, isolé et énergie conservée.
- 2) Dans l'analogie de Feynman, la chambre de Denis la Menace est-elle un système isolé ? Cette situation évolue-t-elle au cours du texte ? Justifier.
- 3) Pourquoi Feynman tient-il absolument à parler de cubes invisibles ?
- 4) Quelles sont les types d'énergie citées dans le texte.