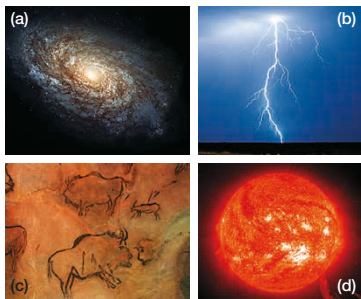


LES FORCES FONDAMENTALES

Les physiciens décrivent tous les phénomènes de l'Univers grâce à quatre interactions, ou forces, fondamentales. Si deux d'entre elles, la gravité et l'électromagnétisme, nous sont assez familières, les deux autres, les interactions « forte » et « faible », sont spécifiques du monde de l'infiniment petit.



Les 4 interactions fondamentales à l'œuvre

(a) La gravité explique l'évolution des galaxies et aussi la chute des corps.

(b) L'interaction électromagnétique combine l'électricité (ici la foudre) et le magnétisme. (c) L'interaction faible gouverne de nombreuses désintégrations radioactives dont celle du carbone-14, utilisée par exemple pour dater l'art pariétal. (d) Enfin,

l'interaction forte est responsable de la cohésion des noyaux et également de réactions de fusion dans les étoiles.

Dans la vie courante, pour déplacer un objet, nous devons habituellement le toucher en lui appliquant une force de contact. Il existe également des forces s'exerçant à distance, par exemple lorsque deux aimants s'attirent ou se repoussent.

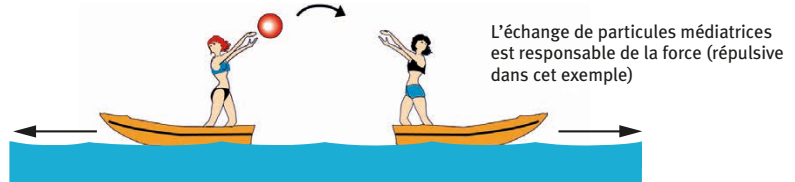
Toutes ces forces s'interprètent en termes de quatre interactions fondamentales, chacune transmise par une ou plusieurs particules appelées « bosons intermédiaires ». Deux particules, par exemple des électrons, interagissent entre elles en échangeant certains de ces bosons intermédiaires. Suivant la masse de ce(s) boson(s), l'interaction agira à plus ou moins grande portée – plus leur masse est grande, plus la portée est courte.

Si deux objets se repoussent ou s'attirent électriquement, c'est parce qu'ils ont chacun une charge électrique. Là encore, nous retrouvons la même règle à l'échelle subatomique. Une particule qui est affectée par une interaction possède une charge associée – charge qui n'est pas toujours aussi simple que la charge électrique.

Examinons à présent les quatre forces fondamentales. La gravitation est celle que nous connaissons le mieux dans notre vie quotidienne, mais c'est aussi l'interaction la plus faible. Elle est indécélable à l'échelle atomique, et on ne sait pas encore la traiter dans le formalisme de la mécanique quantique qui décrit les trois autres forces. Son boson intermédiaire serait une particule de masse nulle appelée graviton, qui reste à découvrir. C'est la masse qui joue ici le rôle de charge, et la force est toujours attractive.

Les forces fondamentales

Type	Intensité relative	Particules médiatrices	Domine dans
Force forte	~ 1	Gluons	noyau atomique
Force électromagnétique	$\sim 10^{-3}$	Photon	électrons entourant le noyau
Force faible	$\sim 10^{-5}$	Boson Z^0 , W^+ , W^-	désintégration radioactive bêta
Gravitation	$\sim 10^{-38}$	Graviton ? (pas encore observé)	astres



La force électromagnétique, sensible à notre échelle, est véhiculée par le photon qui est également le grain fondamental de lumière. Ces photons sont de masse nulle et agissent donc même à très longue distance. La charge associée est la charge électrique, qui peut être positive ou négative. Les particules de charge électrique nulle, comme les neutrinos, ne sont pas sensibles à cette force.

La force faible n'agit qu'à de très petites échelles. Elle est responsable de certaines formes de radioactivité, et c'est à cause de sa faible intensité que des éléments radioactifs ont des durées de vie très longues. Il y a trois bosons intermédiaires pour cette force, deux chargés électriquement (les bosons W^+ et W^-) et un neutre (le boson Z^0). Ces particules sont très lourdes, ce qui rend cette force extrêmement faible à notre échelle.

La force forte est responsable de la cohésion des protons et neutrons, composés de quarks, et elle participe à la construction des noyaux atomiques. Cette force est véhiculée par des bosons appelés gluons et a une portée très courte. Cette dernière n'est pas due à la masse des gluons – ils sont de masse nulle – mais à une autre propriété liée à la charge de cette force, appelée poétiquement couleur. Parmi les particules de matière, seuls les quarks portent cette charge qui existe en trois variétés différentes (nommées par convention « rouge », « vert » et « bleu »). Il existe aussi trois variétés de charges fortes opposées, portées par les antiquarks. Dans la Nature, on rencontre seulement des objets de charge forte totale nulle (dits « blancs »), qu'on peut obtenir soit en associant une charge et son opposée, soit en réunissant trois charges, une de chaque variété.

Les caractéristiques des différentes forces

Les quatre forces qui agissent sur les particules élémentaires sont ici classées par intensité décroissante. Les nombres indiqués dans la seconde colonne sont relatifs : ils comparent l'intensité d'une force donnée à celle de la force la plus intense (l'interaction forte, au nom bien choisi) fixée à 1 par convention. La force électromagnétique est mille fois plus faible que l'interaction forte, ce qui explique en particulier pourquoi la répulsion entre les protons (tous de charge positive) n'est pas suffisante pour briser la cohésion des noyaux. L'interaction faible est encore moins intense mais elle joue un rôle important à l'échelle des particules. Quant à la gravitation, elle est complètement négligeable ici. Toutes ces forces sont basées sur l'échange de particules médiatrices, les bosons.