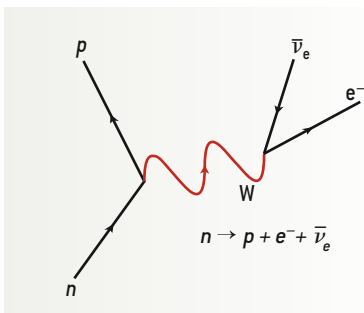


	Fermions			Bosons
Charge →	2/3	2/3	2/3	0
Spin →	1/2	1/2	1/2	1
Quarks	u	c	t	γ
	-1/3	-1/3	-1/3	0
Leptons	d	s	b	g
	1/2	1/2	1/2	1
	ν_e	ν_μ	ν_τ	Z
	0	0	0	0
	e	μ	τ	W
	-1	-1	-1	± 1
	1/2	1/2	1/2	1
	I	II	III	
	Familles			

2. DANS LE MODÈLE STANDARD, l'interaction électromagnétique est véhiculée par le photon (γ , de masse nulle), l'interaction forte par huit gluons (g , de masses nulles), et l'interaction faible par les bosons intermédiaires Z , W^+ et W^- (très massifs). Aux 12 constituants élémentaires (quarks et leptons), il faut ajouter les antiparticules correspondantes.



3. L'INTERACTION FAIBLE est à l'origine des désintégrations radioactives β^- et β^+ . Dans une désintégration β^- , un neutron se transforme en un proton tout en libérant un électron et un antineutrino électronique (*ci-dessus*). Dans une désintégration radioactive β^+ , c'est un proton qui se transforme en neutron tandis qu'un positron et un neutrino électronique sont émis. Dans les deux cas, une particule chargée, le boson intermédiaire W^+ ou W^- , médiateur de l'interaction faible, intervient.

particules élémentaires, aller de droite à gauche devrait être aussi probable que d'aller de gauche à droite.

– La troisième opération, T , est le renversement du temps (opération consistant à changer t en $-t$): si la symétrie T est respectée, les résultats d'une expérience sont les mêmes lorsqu'on inverse l'axe du temps. En d'autres termes, la probabilité du processus $A \rightarrow B$ est égale à celle du processus $B \rightarrow A$; c'est une propriété contre-intuitive, qui ne correspond pas à ce que l'on observe à l'échelle macroscopique (*voir l'article de Roger Balian*).

La combinaison CPT de ces trois transformations joue un rôle fondamental en physique. En vertu de la théorie de la relativité restreinte d'Einstein, les lois de la physique doivent être les mêmes partout, à tout moment, et pour tous les observateurs en mouvement non accéléré les uns par rapport aux autres. Ce principe de relativité est nommé invariance de Lorentz. Or en 1954, le physicien Wolfgang Pauli a démontré un théorème aujourd'hui célèbre qui établit un lien entre l'invariance de Lorentz et la symétrie CPT . En simplifiant, toute théorie invariante de Lorentz respecte la symétrie CPT , et, à l'inverse, toute violation de la symétrie CPT impliquerait une violation de l'invariance de Lorentz. À ce jour, aucune expérience n'a mis en évidence une violation de la symétrie CPT ni de l'invariance de Lorentz.

Les conséquences du théorème CPT sont multiples et fondamentales: existence de l'antimatière, égalité des masses et des durées de vie des particules et des antiparticules, etc. Une conséquence qui nous concerne particulièrement ici est le fait que si la combinaison des symétries C et P – la symétrie CP – est violée, alors, d'après le théorème CPT , la symétrie T l'est aussi.

La symétrie CP

La symétrie CP est-elle respectée? Lorsque les physiciens ont introduit mathématiquement les symétries C , P et T au cours de l'explosion scientifique des années 1930, ils les croyaient toutes respectées. Ces certitudes ont été mises à mal moins de 20 ans plus tard, lorsque l'interaction faible a commencé à révéler ses surprenantes propriétés.

Rappelons que trois forces fondamentales gouvernent les interactions des particules élémentaires. La première, la force électromagnétique, est à l'origine

de l'électricité et du magnétisme. La deuxième, l'interaction forte, explique la cohésion des noyaux atomiques, composés de neutrons et de protons. La troisième, l'interaction faible, est à l'origine de nombreux processus mettant en jeu des particules élémentaires nommées leptons (l'électron en fait partie), dont un exemple majeur est la radioactivité bêta (β). Comme l'indique son nom, l'interaction faible a la plus faible intensité des trois.

C'est en 1956 que les physiciens Tsung-Dao Lee et Chen Ning Yang ont remarqué que les données expérimentales disponibles n'apportaient pas la preuve que les symétries C et P étaient conservées dans les processus mettant en jeu l'interaction faible. Se pouvait-il qu'elles ne le soient pas? Ils ont alors souligné ce point et proposé une série d'expériences permettant de tester la conservation de la symétrie P . Début 1957, la physicienne Chien-Shiung Wu et ses collègues montrèrent qu'effectivement la symétrie P était violée dans la désintégration β du cobalt 60:



L'électron e^- et l'antineutrino $\bar{\nu}_e$ sont émis dans des directions opposées. Si l'on applique une transformation de parité P , les directions d'émission de l'électron e^- et de l'antineutrino $\bar{\nu}_e$ sont échangées, mais les spins de ces particules restent identiques (P conserve les spins, mais inverse la direction de propagation d'une particule). Si la symétrie P était respectée, les électrons devraient donc être émis en quantités égales dans deux directions opposées. Or l'équipe de «Madame Wu», comme on la nommait, a constaté au contraire que presque tous les électrons sont émis dans la direction opposée à celle du spin du cobalt, et donc que la violation de la symétrie P est maximale.

Cette violation de symétrie fut confirmée la même année par l'expérience conduite par Richard Garwin, Leon Lederman et Marcel Weinrich sur la chaîne de désintégration des pions chargés, des assemblages quark-antiquark (*voir l'encadré page ci-contre*). Cette expérience impliquait la violation de la symétrie P , mais aussi celle de la symétrie C .

Ainsi, les physiciens durent admettre que les symétries C et P sont violées. Mais ils restèrent accrochés à l'idée que le monde des particules était symétrique sous l'effet de la combinaison CP (conjugaison des charges accompagnée d'une transformation de parité).