

"Quand les diagrammes de Feynman arrivèrent,
ce fut comme si le soleil perçait à travers les nuages
avec arc en ciel et coffre plein d'or"
James D. Bjorken Théoricien à Stanford


Chromodynamique quantique

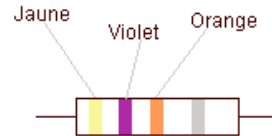
L'utilisation symbolique de la couleur est une commodité pour représenter des propriétés difficile à visualiser.

Dans le code des couleurs pour les résistances, on associe à chaque couleur un chiffre.

Noir	0
Marron	1
Rouge	2
Orange	3
Jaune	4
Vert	5
Bleu	6
Violet	7
Gris	8
Blanc	9

La valeur d'une résistance d'électronique est indiquée par un ensemble de cercles colorés. (il serait très incommode d'écrire en chiffres cette valeur sur un cylindre aussi petit qu'une résistance)

 .Quelle est la valeur de la résistance ci contre?



On utilise également des couleurs dans la physique des particules élémentaires. Cela s'appelle la chromodynamique quantique.

Le noyau de l'atome :

 .Quels sont les deux constituants du noyau de l'atome?

 Quelle est leur différence fondamentale?

Les Constituants des Constituants :

Il est maintenant admis que ces deux constituants sont formés de **quarks** dont le tableau ci-dessous donne un extrait des propriétés en ne considérant que les quarks les plus légers (deux quarks sur les six existants):

Nom :	Notation :	Charge électrique en fraction de la charge élémentaire (charge du proton)
Quark up	u	+2/3
Quark down	d	-1/3

Chaque particule ayant son antiparticule dans l'antimatière, il existe aussi les deux antiquarks :

Nom :	Notation :	Charge électrique en fraction de la charge élémentaire (charge du proton)
Antiquark up	<u>u</u>	-2/3
Antiquark down	<u>d</u>	+1/3

 Qu'est ce qui différencie un quark de son antiquark?

Les constituants des noyaux ne peuvent pas appartenir à l'antimatière, ils sont donc une association des quarks du premier tableau.

Compléter le tableau ci dessous représentant des associations de quarks **u** et **d** et reconnaître les constituants fondamentaux du noyau :

	uu	ud	dd	uud	uuu	udd	ddd
Charge :							

Le neutron est l'association des quarks : ...

Le proton est l'association des quarks : ...

L'interaction forte :

Dans un noyau, il n'y a pas qu'un proton et/ou qu'un neutron.

 Le noyau de fer particulièrement stable a pour écriture symbolique :



Combien contient il de protons, de neutrons? De quarks u?

Les nombreux protons se repoussent entre eux (répulsion électrique). Comment se fait il que le noyau n'éclate pas?

La force qui maintient protons et neutrons entre eux dans le noyau est l'**interaction forte**. Elle s'oppose à la répulsion électrostatique. Son rayon d'action est de l'ordre du rayon du noyau soit 10^{-15} m. Elle est responsable du confinement des protons et de neutrons dans le noyau. Son intensité est considérable et elle dominerait toutes les autres forces de la nature si son rayon d'action n'était pas si petit.

La répulsion électrostatique s'exerce entre les protons chargés ; l'interaction forte s'exerce entre les quarks constituants ces noyaux.

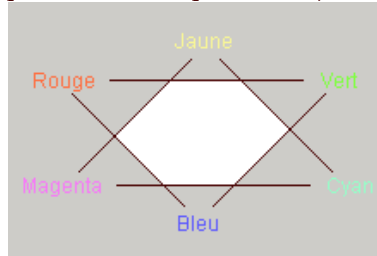
Particule	Propriété	Interaction
proton	Charge	Répulsion électrique
quark	???	Interaction forte

La propriété représentée par ??? dans le tableau ci dessus est la **couleur** d'un quark.

C'est une couleur symbolique.

Rouge, **Vert**, **Bleu** sont les couleurs des quarks.

Jaune, **Cyan**, **Magenta** (couleurs complémentaires des précédentes) sont les couleurs des antiquarks.



Les particules obtenues par combinaison de quarks sensibles à l'interaction forte doivent avoir une couleur **blanche**.

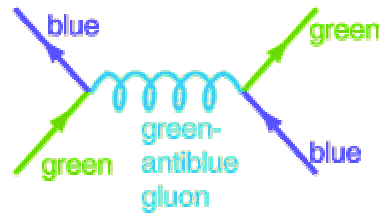
 Compléter le tableau suivant en vous aidant du script "mixer.htm" :

Combinaison	u <u>d</u> d	u <u>d</u> d	u <u>d</u> d	u <u>d</u> d	u <u>d</u> d	u <u>d</u> d	u <u>d</u> d	u <u>d</u> d	u <u>d</u> d
Couleur									

 Quelles sont parmi les combinaisons ci-dessus celles qui correspondent au proton, au neutron?

Deux quarks suffisamment proches donc en situation d'interaction forte échangent un **gluon** qui a la double propriété d'associer une couleur et une anticouleur. En échangeant un gluon, les deux quarks échangent leur couleur.

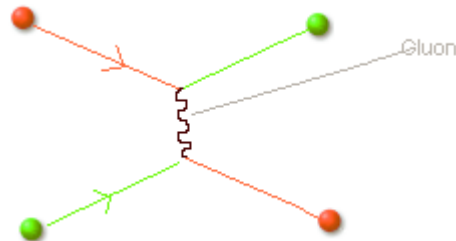
Le diagramme de Feynman ci dessous en donne une représentation symbolique.



Feynman diagram for an interaction between quarks generated by a gluon.

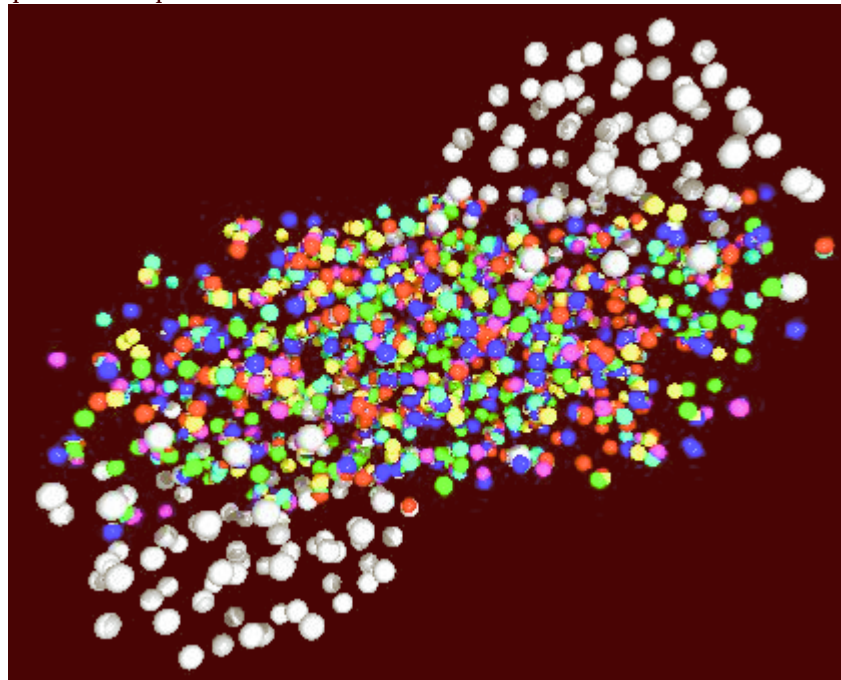
Le quark **vert** en bas à gauche émet un gluon **vert-jaune** (antibleu) qui est échangé avec le quark **bleu** en bas à droite. Ce dernier devient **vert** (vert+jaune+bleu=vert). Le quark **vert** devient **bleu**.

 Compléter en indiquant la couleur-anticouleur du gluon le diagramme de Feynman ci dessous.



Les gluons "collent" les quarks entre eux à l'intérieur d'un proton ou d'un neutron. Des "fuites" de gluons collent les quarks appartenant à deux nucléons voisin entre eux. C'est ainsi que les protons (et les neutrons) tiennent à l'intérieur du noyau malgré la répulsion électrique.

Une collision entre deux noyaux de plomb *simulée sur ordinateur* fait apparaître nucléons en blancs, gluons en gris et quarks et antiquarks colorés.



Source Université de Frankfurt

http://www.th.physik.uni-frankfurt.de/~scherer/vortrag/HHLR/talk_11.html

Matériel : un ordinateur, des gommettes, une résistance de 47 kΩ