

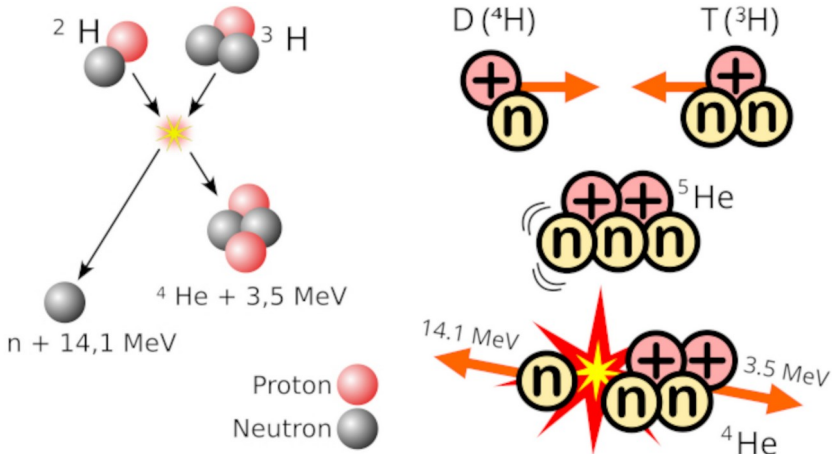
# ARCHITECTURE DE LA MATIÈRE

## Fusion nucléaire

La **fusion nucléaire**<sup>1</sup> a lieu naturellement au cœur des étoiles à une température d'environ quinze millions de degrés, et artificiellement lors de l'explosion des bombes thermonucléaires dites H, l'amorçage de la réaction de fusion étant provoquée par une bombe nucléaire à fission dite A. La maîtrise de cette réaction dans le but d'obtenir une production d'énergie relativement inépuisable fait l'objet d'importantes et très onéreuses recherches, soit par la technique du confinement magnétique circulaire dans un *tomawak* (réacteur international ITER sur le site de Cadarache), soit par *confinement laser*. Malheureusement, la température de fonctionnement du procédé est tellement élevée que l'horizon d'une application industrielle reste encore lointain et mal défini. La réaction nucléaire la plus « accessible » est la suivante<sup>2</sup> :  ${}^2_1\text{D} + {}^3_1\text{T} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ . Deux isotopes de l'hydrogène — le deutérium et le tritium — fusionnent, produisant un noyau d'**hélium 4** et un neutron libre. La température requise n'est « que » de cent millions de degrés Celsius, ce qui est considéré comme relativement bas dans ce domaine prospectif de production d'une énergie supposée abondante et décarbonée.

La réaction de fusion nucléaire **deutérium 2** ↔ **tritium 3** est ainsi illustrée dans différents articles de l'encyclopédie WIKIPÉDIA :

Fig. 9.39 et Fig. 9.40 : Fusion deutérium ↔ tritium (Source WIKIPÉDIA)  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Fusion\\_nucléaire#Analyse\\_de\\_la\\_réaction\\_deutérium\\_plus\\_tritium](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fusion_nucléaire#Analyse_de_la_réaction_deutérium_plus_tritium)



1 Voir article WIKIPÉDIA : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Fusion\\_nucléaire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fusion_nucléaire)

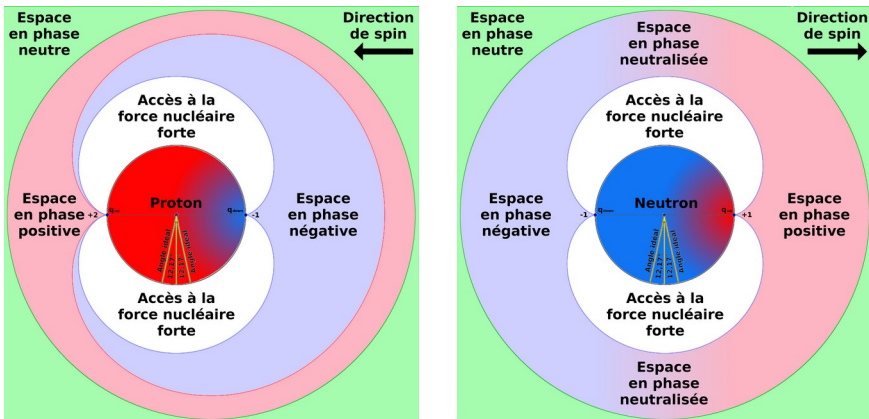
2 Voir article WIKIPÉDIA : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Fusion\\_deutérium-tritium](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fusion_deutérium-tritium)

## THÉORIE NR

De telles images ont une portée descriptive très restreinte. En effet, les liaisons entre nucléons sont censées obéir à *l'interaction nucléaire forte dite résiduelle*, laquelle ne fait pas de différence entre protons et neutrons. Par ailleurs, la direction de spin des nucléons n'est pas indiquée, la notion d'*isospin* supposant que l'intensité de l'interaction forte entre deux protons est sensiblement égale à celle entre deux neutrons ou entre un proton et un neutron. Examinons donc quelle vision donner aux réactions de fusion nucléaire en appliquant les principes architecturaux de la théorie NR.

La géométrie particulière de la théorie NR, en ce qui concerne l'architecture des noyaux atomiques, doit nous permettre d'aller au-delà des illustrations schématisques reprises dans les articles WIKIPÉDIA, en prenant en compte *la géométrie de projection du champ électromagnétique* induite par les quarks up et down des nucléons, *l'alignement de la direction de spin* définie par l'axe de ces deux quarks sur les lignes de champ et *la notion d'angle idéal* de transmission de la force nucléaire forte résiduelle. Les deux schémas ci-dessous (sans échelle métrique) illustrent les modalités de projection du champ électromagnétique des nucléons, supposés libres dans l'espace en phase neutre :

Fig. 9.41 et Fig. 9.42 : Projection du champ électromagnétique des nucléons (TNR)



La Figure 9.38 reprend le principe de la projection de la charge électrique positive du proton par son quark up, idée illustrée par la Figure 7.2 de la Page 192 du Chapitre 7 du Tome 1 consacrée à l'électromagnétisme, avec ajouté en vert l'espace neutre environnant.

## ARCHITECTURE DE LA MATIÈRE

La Figure 9.42 prend en compte l'égalité en valeur absolue des charges électriques projetées par les quarks up et down du neutron, ce qui supprime le phénomène d'enveloppement de l'espace en phase négative par celui en phase positive<sup>1</sup>. Cette disposition fait apparaître des zones d'espace en phase neutralisée, faisant face aux secteurs angulaires favorables à l'application de la force nucléaire forte résiduelle, conformément aux principes qui viennent d'être exposés aux Pages 12 à 18 dans la Section consacrée aux *angles de liaison dans les noyaux atomiques*.

Rappelons qu'en théorie NR il ne peut exister de liaison neutron ↔ neutron ou proton ↔ proton comme l'a rappelé la figure 9.9 de la page 19 intitulée : *Détails de l'architecture de la « peau » des noyaux atomiques*. Seules les liaisons proton ↔ neutron sont autorisées dans la cadre géométrique que nous avons baptisé Page 8 *Architecture bulle de savon*. La conclusion est que pour tenter de comprendre le fonctionnement de la fusion nucléaire, il nous faut imaginer comment « fusionner » les Figures 9.41 et 9.42, en faisant en sorte que les cercles centraux représentant le proton et le neutron en viennent à se toucher.

La première hypothèse qui vient à l'esprit serait qu'un proton présente son quark up de charge positive face aux quark down du neutron de charge négative, et d'imaginer que la force électromagnétique induite permettra la fusion des deux nucléons. Mais cette hypothèse ne tient pas en raison de la forme des puits de potentiel générés par les quarks, ce qui fait que le proton s'arrêtera, sa section efficace le stabilisant à une certaine distance du neutron, pour la même raison que nous avons retenue pour expliquer pourquoi l'électron d'un atome d'hydrogène ne s'écrase pas sur le proton.

Une autre hypothèse consiste à superposer verticalement les Figures 9.41 et 9.42, sans effectuer de rotation des nucléons sur eux-mêmes, leurs spins devant rester *parallèles*, et plus précisément *antiparallèles* en application du concept de *contraspin* adopté dans la section dédiée Pages 9 à 11.

En fait, nous allons opter pour une hybridation des deux hypothèses.

---

1 C'est cet argument d'enveloppement de l'espace en phase négative par celui en phase positive qui nous a permis de proposer une explication « non magique » au fait que les électrons ne s'écrasent pas sur les noyaux atomiques, l'explication bohrienne des « orbites interdites » étant en fait une manière de remplacer un mystère par un autre : pourquoi cette interdiction ?

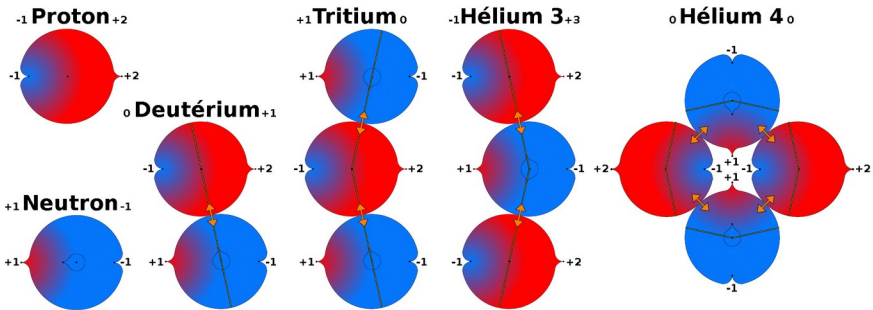
## THÉORIE NR

Nous pouvons en effet illustrer de la manière suivante les deux principales réactions nucléaires envisagées par les physiciens expérimentateurs pour maîtriser la fusion nucléaire contrôlée qui sont :



Les six acteurs de ces réactions sont le proton et le neutron ainsi que les noyaux atomiques de *deutérium 2*, de *tritium 3*, d'*hélium 3* et d'*hélium 4*. Ils peuvent être représentés ainsi :

*Fig. 9.43 : Les six acteurs des réactions de fusion nucléaire contrôlée*



Nous qualifierons les trois noyaux atomiques de *deutérium 2*, de *tritium 3* et d'*hélium 3* de *géométriquement libres*, en ce sens qu'ils ne sont pas « bouclés » comme le noyau d'*hélium 4*, et peuvent donc lier leurs nucléons en les alignant sur l'angle idéal de **12,22°**.

On observe que le noyau atomique d'*hélium 4* adopte des liaisons nucléaires fortes résiduelles — représentées par les doubles flèches oranges — assez éloignées de la liaison idéale, ce qui est en accord avec la position de ce noyau visible sur la Figure 9.36 Page 55 intitulée *Énergies de liaison par nucléon des noyaux atomiques*. La Figure 9.11 de la Page 24 *Construction progressive des différents noyaux atomiques (coupes)* montre qu'au fur et à mesure du développement de la nucléogénèse des noyaux atomiques, cet angle idéal va être atteint avec le noyau atomique de *nickel 62*, après quoi la géométrie dite « bulle de savon » va évoluer en adoptant progressivement les aspects *piriforme* puis *bilobé*.

Les charges des quarks des nucléons ont été indiquées sous leur forme entière (-1 +1 +2) et non fractionnaire (-1/3 +2/3), c'est-à-dire sans tenir compte de la *phase ternaire* définie en théorie NR, conventionnellement décrite en *Théorie de la chromodynamique quantique* (QCD) par la *charge de couleur*, rouge verte ou bleue.

## ARCHITECTURE DE LA MATIÈRE

Le but est ici de montrer la *polarité* des six acteurs de la Figure 9.40. Celle-ci correspond à la différence de charge (en valeur absolue) entre les cotés gauche et droit indiquée au niveau des titres, ce qui donne **+3** pour le proton, **+2** pour le neutron, **+1** pour le *tritium 3*, **+4** pour l'*hélium 3* et **0** pour l'*hélium 4*.

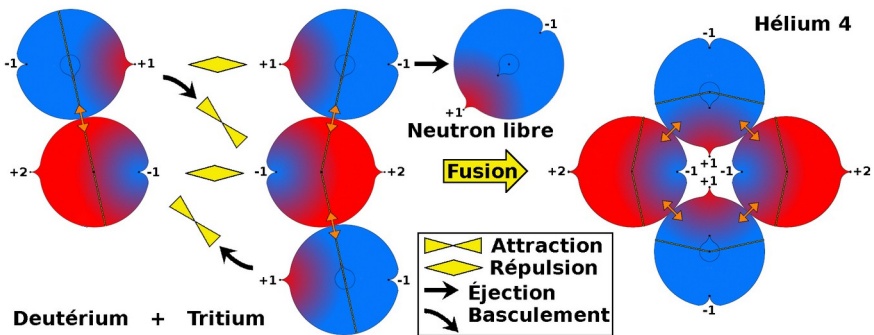
Cette polarité doit nécessairement agir sur le comportement des acteurs de la fusion nucléaire contrôlée ; et bien que ces réactions de fusion soient réalisées dans des conditions de température extraordinairement intenses, nous considérerons que l'agitation thermique du plasma peut permettre que certaines dispositions géométriques soient responsables de l'aboutissement des réactions, pour les mêmes raisons statistiques qui sont à la base de la branche de la physique théorique appelée *Physique statistique* qui a débouché sur la *Théorie cinétique des gaz*.

Dernière observation sur cette Figure 9.40, les liaisons nucléaires fortes résiduelles des noyaux dits *géométriquement libres* doivent nécessairement se réaliser du côté où l'attraction entre quarks up et down est maximale (**+2 ↔ -1 → +3**), ce qui se traduit graphiquement par le fait que la double flèche orange matérialisant la liaison nucléaire forte résiduelle est positionnée sur l'angle idéal le plus proche du quark up du proton, possédant la charge **+2**.

Examinons donc quelles dispositions géométriques propices à la réalisation de la fusion nucléaire contrôlée pourraient être définies à partir de la description graphique des six acteurs.

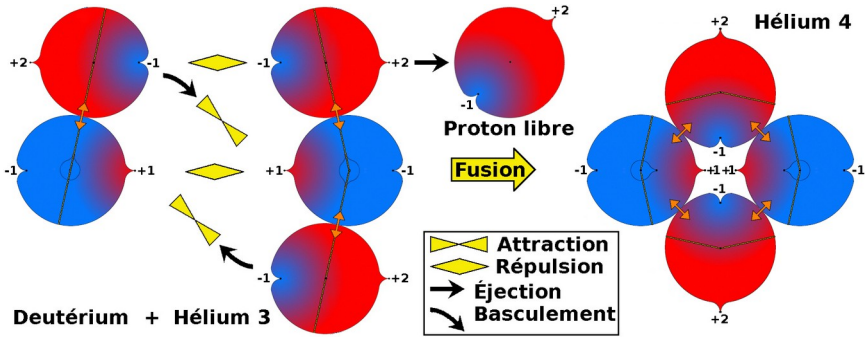
Comme annoncé, nous prendrons comme exemples les deux réaction privilégiées par les physiciens en charge de la mise en œuvre de la *fusion nucléaire contrôlée* :

Fig. 9.44 : Fusion nucléaire deutérium ↔ tritium



## THÉORIE NR

Fig. 9.45 : Fusion nucléaire deutérium ↔ hélium 3



Les deux réactions sont *symétriques*, en ce sens que dans la Figure 9.45 décrivant la réaction nucléaire **deutérium 2** ↔ **hélium 3**, protons et neutrons ont tous échangé les positions qu'ils occupaient dans la figure 9.44 relative à la réaction **deutérium 2** ↔ **tritium 3**.

Par ailleurs, notons que le bilan des quatre charges électromagnétiques positionnées dans l'intervalle entre les deux noyaux entrant en réaction est nul, ce qui indique un espace localement neutralisé, favorable à la réaction nucléaire. Signalons que l'ajout d'un nucléon supplémentaire au noyau de deutérium qui permettrait de représenter les réactions **tritium 3** ↔ **tritium 3** et **hélium 3** ↔ **hélium 3** n'apporteraient aucun gain en terme d'énergie nécessaire au déclenchement de la fusion nucléaire, l'inertie supplémentaire étant compensée par le doublement du nombre de nucléons éjectés.

Les flèches noires indiquent la dynamique de ces deux réactions de fusion nucléaire. Sur la Figure 9.41, le neutron du noyau de **deutérium 2** « chasse » celui du **tritium 3** qui lui fait face, ce qui provoque un basculement du noyau de **tritium 3**, aboutissant ainsi en haut et en bas du schéma à deux fusions proton ↔ neutron, les deux neutrons centraux restant en opposition, leurs quarks up se faisant face et se maintenant à distance. La fin de ce phénomène de basculement aboutit bien à la création d'un noyau d'**hélium 4**, et un neutron libre a été éjecté du système. La Figure 9.45 nous montre une réaction quasi identique dans ses principes, le noyau de **tritium 3** étant remplacé par celui de l'**hélium 3**<sup>1</sup> et l'objet éjecté étant maintenant un proton.

1 Voir au sujet de cet élément très convoité le paragraphe **Abondance lunaire et source d'intérêt** dans l'article WIKIPÉDIA : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Hélium\\_3](https://fr.wikipedia.org/wiki/Hélium_3)