

THÉORIE NR

Calcul des masses des quarks du Modèle standard de la physique

Il est important de noter que les masses des quarks mesurées dans les accélérateurs de particules sont assorties de marges d'incertitudes, curieusement très variables, comme le montre ce récapitulatif (source: WIKIPÉDIA <https://fr.wikipedia.org/wiki/Quark>) :

Tab 6.8 : Masses des quarks mesurées avec marges d'incertitude

Masses des six quarks de la Chromodynamique quantique			
Nom	Charge	Masse	Δ
Quark down q_d	-1/3	$4,79 \pm 0,16 \text{ MeV} / c^2$	$\pm 3,34 \%$
Quark strange q_s	-1/3	80 à 130 MeV / c^2	$\pm 23,81 \%$
Quark bottom q_b	-1/3	$4,10 \text{ à } 4,40 \text{ GeV} / c^2$	$\pm 3,53 \%$
Quark top q_t	+2/3	$173,34 \pm 0,76 \text{ GeV} / c^2$	$\pm 0,44 \%$
Quark charm q_c	+2/3	$1,15 \text{ à } 1,35 \text{ GeV} / c^2$	$\pm 8,00 \%$
Quark up q_u	+2/3	$2,01 \pm 0,14 \text{ MeV} / c^2$	$\pm 6,96 \%$

On remarque grâce à ce tableau que ce sont les deux quarks intermédiaires strange et charm qui sont assortis de la plus grande incertitude. Ainsi, celle affectant la masse du quark strange — qui pour le coup porte bien son nom — apparaît-elle cinquante quatre fois plus élevée que celle associée au quark top.

Sur la base de l'architecture décrite dans la précédente section, commençons par calculer la masse du quark top à partir de cette formule :

$$M_{q_t} = \frac{4}{3} M_{B_{XE}} C_{s+} \frac{C_{HN}}{C_{H0}} \quad (6.21)$$

Les différents paramètres utilisés s'expliquent ainsi :

1. Le facteur **4/3** appliqué ici dans le calcul de la masse du quark top q_t vient d'être justifié page 134 dans le commentaire du *flux des ondes de densité spatiale* illustré par la figure 6.11.
2. La masse du boson de X euclidien $M_{B_{XE}}$ apparaît en tant que base de calcul, sachant que cette particule a été conçue avec la figure 3.1 de la page 37 comme un objet plan hexagonal, ce qui semble adapté à la description que nous recherchons pour le quark top.
3. Le coefficient C_{s+} applicable aux surfaces positives vient corriger la masse du boson de X euclidien en modifiant la densité surfacique sur l'équateur du tore (*coupe DD' de la figure 6.10 page 131*), l'adaptant ainsi au caractère positif de l'espace.

MASSES-ÉNERGIES DES PARTICULES

4. Le rapport C_{HN} / C_{H0} — soit $(C_{SN} / C_{S0})^2$ — prend en compte le double effet de pointe (zone rouge de l'encadré de la figure 6.13 page 137), dans le sens d'une augmentation de l'hypervolume du quark top, et donc d'une diminution de sa masse, celle-ci étant réputée être en théorie NR inversement proportionnelle à l'hypervolume. Cette diminution est à mettre en rapport avec le fait qu'en ce qui concerne les trois quarks de charge **+2/3**, l'effet de pointe est dirigé vers l'extérieur de la particule, ce qui occasionne une sorte de « dilution dans l'espace environnant ».

Le résultat de cette formulation de la masse du quark top est donnée par le tableau suivant :

Tab 6.9 : Calcul de la masse du quark top

Calcul de la masse du quark top à partir de celle du boson de X en phase euclidienne					
n°	Donnée	Symb.	Formule	Valeur	U (SI)
1	Masse du boson de X en phase euclidienne	M_{IX}	Voir masses du boson de X	1,22952612E+11	eV/c ²
2	Coefficient applicable aux surfaces positives	C_{S+}	Voir calculs avec le tracé régulateur	1,0528779366	1
3	Coefficient rapport hypervolumes neutralisés / neutres	C_{H0}/C_{HN}	Voir calculs avec le tracé régulateur	0,9953289447	1
4	Masse du quark top (calculée)	$M_{top,C}$	$M_{top,C} = \frac{4}{3} M_{IX} C_{S+} \left(\frac{C_{H0}}{C_{HN}} \right)^{-1}$	1,73415490E+11	eV/c ²
5	Masse du quark top (mesurée)	$M_{top,M}$	expérimentale	1,73340000E+11	eV/c ²
6	Différence (valeur absolue)	Δ	$\Delta = M_{top,M} - M_{top,C} $	7,54904605E+07	eV/c ²
7	Pourcentage différence	% Δ	$\% \Delta = \frac{\Delta}{M_{top,M}}$	0,0435505137	%

Résultat 16 : La valeur calculée de la masse du quark top s'écarte de **0,4 %** de la valeur expérimentale et est située dans les marges d'erreur reprises aux trois premières lignes du tableau 6.7 de la page 126 et à la ligne 4 du tableau 6.8 de la page 140.

Nous allons maintenant prolonger ce calcul afin d'accéder aux masses des cinq autres quarks imaginés dans le cadre du Modèle standard de la physique des particules. Le tableau 6.10 suivant nous montre ce calcul qui commence par reprendre à la ligne 6 la masse du quark top, telle qu'elle vient d'être établie par le tableau 6.9 ci-dessus. Cette masse est graphiquement associée à un disque euclidien dont la surface comporte **9 470** pixels (voir Fig. 6.13 page 137), ce qui apparaît dans la formule de la quatrième colonne. Cette surface est pondérée dans la formule par le facteur C_{S+}^{-2} pour tenir compte de la charge positive **+2/3** de ce quark, ce qui nous donne la valeur corrigée de **8 543** pixels. Les masses des cinq autres quarks sont ensuite obtenues à partir de celle du quark top multipliée par le carré du rapport entre la surface du disque qui lui est associé et celle du quark étudié, surfaces exprimées en nombre pixels définis après pondération (voir justification détaillée de ces calculs en annexe 8).

THÉORIE NR

Le calcul des masses des quarks se présente alors ainsi :

Tab. 6.10 : Calcul des masses des quarks du Modèle standard de la physique

Calcul graphique des masses des quarks du Modèle standard de la physique					
n°	Donnée	Symb.	Formule	Valeur	U (SI)
1	Coefficient applicable aux surfaces négatives	C _{S+}	Voir calculs avec le tracé régulateur	1,0528779366	1
2	Coefficient applicable aux surfaces positives	C _{S-}	Voir calculs avec le tracé régulateur	0,9651381085	1
3	Histogramme du quark top	H _{qt}	$H_{qt} = 9\,470 C_{S+} ^{-1}$	8 994	px
4	Masse du quark top (mesurée)	M _{qt (M)}	Expérimentale (incertitude ± 0,44 %)	1,73340000E+11	eV/c ²
5	Histogramme du quark charm	H _{qc}	$H_{qc} = 114\,270 C_{S+} ^{-1}$	108 531	px
6	Masse du quark charm (calculée)	M _{qc (C)}	$M_{qc (C)} = \left(\frac{H_{qt}}{H_{qc}}\right)^2 M_{qt (M)}$	1,19051342E+09	eV/c ²
7	Masse du quark charm (mesurée)	M _{qc (M)}	Expérimentale (incertitude ± 8,09 %)	1,25000000E+09	eV/c ²
8	Différence (valeur absolue)	Δ	$\Delta = M_{qc (M)} - M_{qc (C)} $	5,94865796E+07	eV/c ²
9	Pourcentage différence	% Δ	$\% \Delta = \frac{\Delta}{M_{qc (M)}}$	4,7589263687	%
10	Histogramme du quark up	H _{qu}	$H_{qu} = 2\,717\,354 C_{S+} ^{-1}$	2 580 882	px
11	Masse du quark up (calculée)	M _{qu (C)}	$M_{qu (C)} = \left(\frac{H_{qt}}{H_{qu}}\right)^2 M_{qt (M)}$	2,10526278E+06	eV/c ²
12	Masse du quark up (mesurée)	M _{qu (M)}	Expérimentale (incertitude ± 6,96 %)	2,01000000E+06	eV/c ²
13	Différence (valeur absolue)	Δ	$\Delta = M_{qu (M)} - M_{qu (C)} $	9,52627763E+04	eV/c ²
14	Pourcentage différence	% Δ	$\% \Delta = \frac{\Delta}{M_{qu (M)}}$	4,7394416061	%
15	Histogramme du quark bottom	H _{qb}	$H_{qb} = 62\,122 C_{S+} ^{-1}$	64 366	px
16	Masse du quark bottom (calculée)	M _{qb (C)}	$M_{qb (C)} = \left(\frac{H_{qt}}{H_{qb}}\right)^2 \frac{C_{S+}}{C_{S-}} M_{qt (M)}$	3,69249003E+09	eV/c ²
17	Masse du quark bottom (mesurée)	M _{qb (M)}	Expérimentale (incertitude ± 3,53 %)	4,25000000E+09	eV/c ²
18	Différence (valeur absolue)	Δ	$\Delta = M_{qb (M)} - M_{qb (C)} $	5,57509975E+08	eV/c ²
19	Pourcentage différence	% Δ	$\% \Delta = \frac{\Delta}{M_{qb (M)}}$	13,1178817569	%
20	Histogramme du quark strange	H _{qs}	$H_{qs} = 369\,636 C_{S+} ^{-1}$	382 988	px
21	Masse du quark strange (calculée)	M _{qs (C)}	$M_{qs (C)} = \left(\frac{H_{qt}}{H_{qs}}\right)^2 \frac{C_{S+}}{C_{S-}} M_{qt (M)}$	1,04294562E+08	eV/c ²
22	Masse du quark strange (mesurée)	M _{qs (M)}	Expérimentale (incertitude ± 23,81 %)	1,05000000E+08	eV/c ²
23	Différence (valeur absolue)	Δ	$\Delta = M_{qs (M)} - M_{qs (C)} $	7,05437764E+05	eV/c ²
24	Pourcentage différence	% Δ	$\% \Delta = \frac{\Delta}{M_{qs (M)}}$	0,6718454891	%
25	Histogramme du quark down	H _{qd}	$H_{qd} = 1\,093\,590 C_{S+} ^{-1}$	1 133 092	px
26	Masse du quark down (calculée)	M _{qd (C)}	$M_{qd (C)} = \left(\frac{H_{qt}}{H_{qd}}\right)^2 \frac{C_{S+}}{C_{S-}} M_{qt (M)}$	1,19151943E+07	eV/c ²
27	Masse du quark down (mesurée)	M _{qd (M)}	Expérimentale (incertitude ± 3,34 %)	4,79000000E+06	eV/c ²
28	Différence (valeur absolue)	Δ	$\Delta = M_{qd (M)} - M_{qd (C)} $	7,12519430E+06	eV/c ²
29	Pourcentage différence	% Δ	$\% \Delta = \frac{\Delta}{M_{qd (M)}}$	148,7514467610	%

Principes du calcul (voir détails en annexe 8 page 368) :

Lignes 1 et 2 : Données de la théorie NR (corrections des longueurs d'onde associées aux quarks en fonction des charges négatives ou positives)

Lignes 3 et 4 : Histogramme et masse du quark top mesurée

Lignes 5 à 9 : Calcul de la masse du quark charm

Lignes 10 à 14 : Calcul de la masse du quark up

Lignes 15 à 19 : Calcul de la masse du quark bottom

Lignes 20 à 24 : Calcul de la masse du quark strange

Lignes 25 à 29 : Calcul de la masse du quark down

MASSES-ÉNERGIES DES PARTICULES

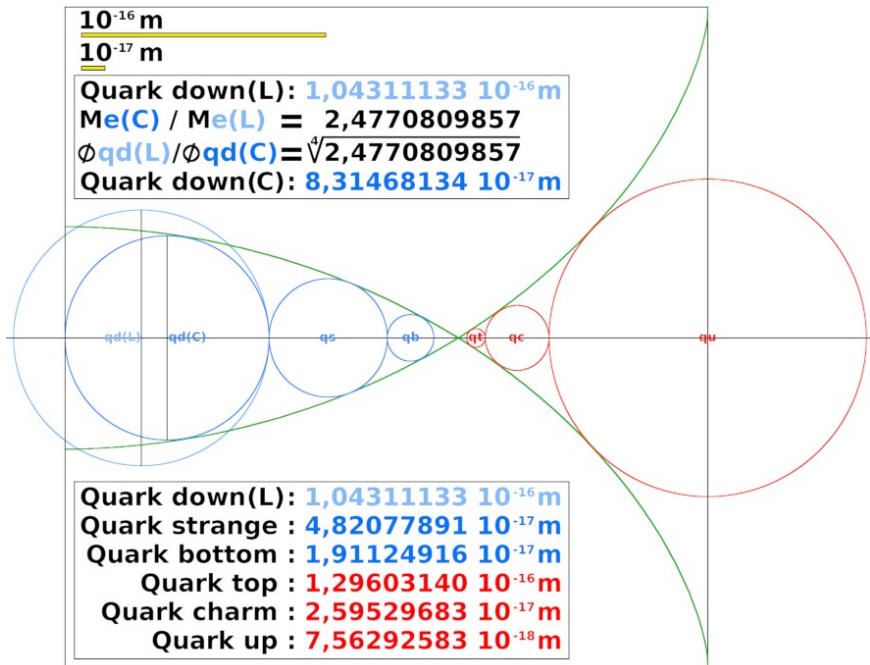
Résultat 17 : Les masses des quatre quarks charm q_c up q_u bottom q_b et strange q_s sont calculées avec des précisions compatibles avec les marges d'incertitude publiées par les physiciens expérimentateurs. Seul le quark down q_d ne s'inscrit pas dans ce scénario, puisque sa masse calculée s'écarte de près de **150 %** de la valeur établie expérimentalement, ce qui est très au-delà de la marge d'incertitude fixée à **3,34 %**.

Reste donc à expliquer la raison de cette apparente anomalie que présente le calcul de la masse M_{q_d} du quark down.

La figure suivante ne procède pas d'une extrapolation de la masse du quark top mais d'une approche graphique de la masse du quark down à partir des masses des six quarks du Modèle standard de la physique mesurées expérimentalement, traduites selon le principe appliqué avec le tableau 6.7 de la page 126 en diamètres de cercles correspondant aux longueurs d'onde associées à chaque quark.

En haut à gauche de la figure est indiquée l'échelle métrique utilisée pour dimensionner les différents cercles.

Fig. 6.14 : Calcul graphique des masses du quark down confiné et libre



THÉORIE NR

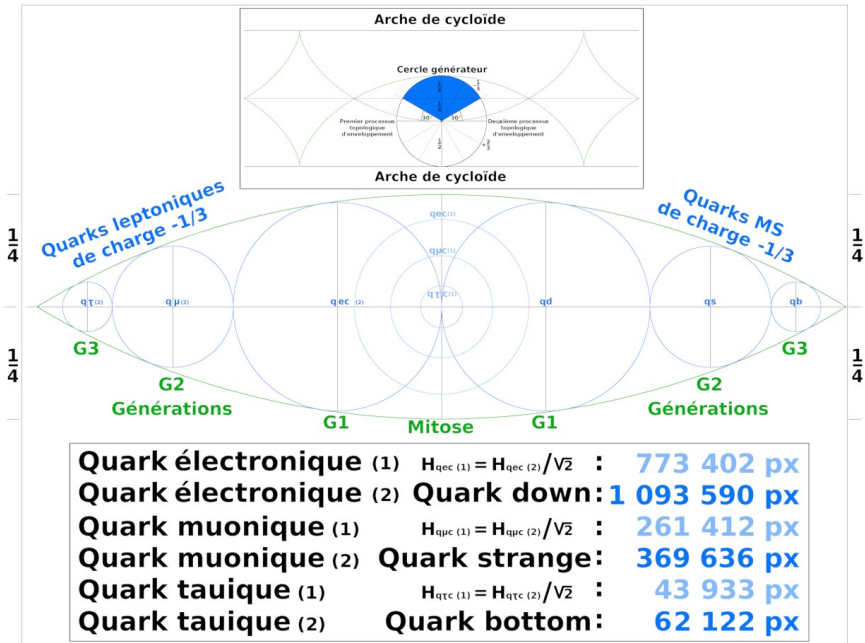
Le cercle représentant la masse mesurée du quark down $q_d(L)$ — L signifiant *libre* — est indiqué en bleu clair sur la gauche du schéma. La position théorique du quark down $q_d(C)$ — C signifiant *confiné* — définie en supposant qu'il doive s'inscrire dans l'enveloppe des deux demi-arches de cycloïdes comme ce fut posé par hypothèse pour concevoir la figure 6.13 de la page 137, est indiquée en bleu foncé sur la gauche de la figure, tout comme les cercles associés aux quarks strange et bottom. L'encadré en bas à gauche de la figure reproduit les longueurs d'onde calculées dans la deuxième colonne de la partie droite du tableau 6.7 de la page 126 à partir de l'inverse de la racine quatrième des masses des quarks du Modèle standard de la physique mesurées expérimentalement. L'encadré en haut à gauche reprend en bleu clair sur la première ligne la longueur d'onde associée au quark down $q_d(L)$ obtenue à partir de sa masse mesurée expérimentalement. La deuxième ligne reprend la valeur du rapport R_e calculée à la ligne 14 du tableau 6.2 de la page 113 intitulé *Calcul des masses de l'électron confiné et libre*. Il s'agit du rapport entre la racine carrée de l'hypervolume de l'électron confiné et celle de l'électron libre, sachant que la différence entre les deux hypervolumes correspond à l'hypervolume interstitiel extérieur (*ligne 11 du tableau 6.2 page 113*) que nous avons identifié à la notion de *framboisement*, caractéristique de l'architecture d'une particule devenue « libre », c'est-à-dire ayant quitté l'environnement hautement énergétique des quasars dans lesquels se déroule la genèse des particules. Il s'agit d'un rapport de surfaces, mais il est cependant utilisé à la ligne 17 du tableau 6.2 en tant que rapport entre masses. La raison est que lors de la perte du framboisement, seule la tension superficielle varie et non la jauge interne. C'est pourquoi la troisième ligne de l'encadré utilise la racine quatrième du rapport de masses R_e pour établir un rapport de longueurs d'onde, conformément au principe de la relation de Planck Einstein (*voir équations 4.1 et 4.2 page 67*). Au final, la quatrième ligne nous donne la longueur d'onde théoriquement associée au quark down confiné $q_d(C)$ en utilisant l'inverse du paramètre établi à la troisième ligne $\emptyset q_d(L) / \emptyset q_d(C)$. Le résultat calculé de la longueur d'onde associée à la masse du quark down confiné est en très bon accord avec la résultat graphique. La conclusion de cette approche graphique est que la perte du framboisement que nous avons appliquée au calcul de la masse de l'électron libre s'applique d'une manière identique au calcul de la masse du neutron, particule devenue libre à l'issue de sa genèse.

MASSES-ÉNERGIES DES PARTICULES

Masses et charges des quarks leptoniques de la théorie NR

La figure ci-dessous vient compléter l'approche de la figure 6.13 page 137 intitulée *enveloppement des quarks par des demi-cycloïdes de révolution*, en reprenant sur la droite les trois disques associés aux quarks q_d , q_s et q_b de charge fractionnaire $-1/3$ et en les reportant symétriquement dans la partie gauche, sous la forme de trois nouveaux disques associés aux trois quarks leptoniques de l'électron q_e , q_μ et q_τ , ce qui représente ainsi schématiquement le « piégeage » dans un neutron d'un électron dit *confiné* au cours du double processus topologique d'enveloppement.

Fig. 6.15 : Interface entre quarks du Modèle standard et quarks leptoniques (TNR)



Cette vision symétrique des quarks officiels et des quarks leptoniques implique une égalité de masses et de charges électriques entre les deux séries, et donc des charges fractionnaires pour l'électron confiné, observation qui doit être nuancée. En effet, en théorie NR, il n'y a pas de charges entières ou fractionnaires exclusives l'une de l'autre, mais un mélange des deux. Question de point de vue, « proche » au niveau des fermions individuels ou « lointain » lorsqu'on observe dans leur ensemble les atomes constitués de noyaux atomiques et d'électrons périphériques piégés dans des puits de potentiel.

THÉORIE NR

Ceci fera l'objet de développements ultérieurs lors de l'étude de la force électromagnétique au chapitre 8.

Notons que cette hypothèse de l'existence de charges fractionnaires de l'électron n'est pas étrangère à l'actuel développement de la physique expérimentale, ainsi que le confirme cet extrait de l'article WIKIPÉDIA intitulé *fractionalisation*¹ :

[...] Laughlin a proposé un fluide de charge fractionnaires en 1983 comme modèle pour expliquer l'effet Hall quantique fractionnaire détecté en 1982, ce qui lui a valu une part du Prix Nobel de Physique de 1998. En 1997, un courant électrique avec des porteurs ayant une charge d'un tiers de celle de l'électron a été observé directement [...].

Il convient toutefois d'observer que cet *effet Hall fractionnaire* intervient dans des expériences de confinement extrême, soit par l'utilisation des champs magnétiques intenses, soit en piégeant les électrons entre des feuillets de graphène².

La figure 6.15 ci-dessus reflète une situation similaire, puisqu'elle décrit une configuration de confinement interne à un neutron en cours de création, à l'interface entre le premier processus topologique d'enveloppement et le deuxième, raison pour laquelle le terme de *mitose* — déjà évoqué page 139 au point 2 — a été noté en vert en bas de l'épuration. Les trois cercles concentriques au centre de l'épuration symbolisent les quarks leptoniques de l'électron « avant mitose », les surfaces exprimées en pixels ayant été divisées par le facteur $\sqrt{2}$, ce qui équivaut à multiplier les masses correspondantes par deux, précisément l'effet recherché. Notons toutefois que ces trois quarks ont en quelque sorte été « flashés » au cours de l'opération topologique d'enveloppement juste avant la mitose et qu'ils ne se retrouvent, dans cet état intermédiaire, ni dans l'électron confiné au sein d'un neutron ni dans un électron libre.

1 Voir article WIKIPÉDIA: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Fractionalisation>

Nota : il semble que ce terme de *fractionalisation* — qui n'est pas actuellement pris en compte par le dictionnaire en ligne WIKTIONNAIRE — soit en fait un anglicisme, l'orthographe française correcte devant probablement être *fractionnalisation*, sur le modèle de l'adjectif *fractionnaire*.

2 Voir article WIKIPÉDIA: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Graphène>

MASSES-ÉNERGIES DES PARTICULES

La figure 6.14 nous offre donc une vision parcellaire de la genèse d'un neutron, centrée sur le phénomène de mitose de l'électron confiné ; vision parcellaire qui se trouve traduite dans l'encadré du haut, les six cercles inscrits entre les deux arches de cycloïdes étant à mettre en rapport qu'avec la partie centrale de couleur bleue foncée du cercle générateur. Cette partie centrale peut elle-même être divisée en deux, la gauche correspondant à la création d'un électron confiné, la droite au début du deuxième processus topologique d'enveloppement.

L'existence des quarks leptoniques n'est qu'une hypothèse spécifique de la théorie NR, et faute de connaître quel « projectile » pourrait bien être utilisé par les physiciens expérimentateurs pour sonder l'intérieur d'un électron — à moins qu'une relecture des nombreuses expériences effectuées dans les accélérateurs de particules sur les désintégrations électron/positon ne permette d'en déduire l'existence — le calcul des masses de ces quarks ne peut qu'être purement indicatif.

Regardons tout de même quelles informations nous pourrions en tirer, à partir du tableau suivant :

Tab. 6.11 : Calcul graphique des masses des quarks leptoniques de la théorie NR

Calcul graphique des masses des quarks leptoniques					
n°	Donnée	Symb.	Formule	Valeur	U (SI)
1	Masse du quark down (calculée)	$M_{qd} (C)$	Voir calcul des masses des quarks	1,39604642E+07	eV/c ²
2	Coefficient applicable aux surfaces négatives	Cs-	Voir calculs avec le tracé régulateur	0,9651381085	1
3	Histogramme du quark de l'électron confiné	H_{qec}	$H_{qec} = 773\ 402\ C_{5-}$	746 440	px
4	Masse du quark électronique confiné (calcul 1)	$M_{qec} (C1)$	$M_{qec} (C1) = 2\ M_{qd} (C)$	2,79209283E+07	eV/c ²
5	Masse de l'électron confiné (calculée)	$M_{e-c} (C)$	Voir calcul des masses de l'électron	1,26708853E+06	eV/c ²
6	Masse du quark électronique confiné (calcul 2)	$M_{qec} (C2)$	$M_{qec} (C2) = 22\ M_{e-c} (C)$	2,78759477E+07	eV/c ²
7	Différence entre les calculs 1 et 2 (valeur absolue)	Δ	$\Delta = M_{qec} (C1) - M_{qec} (C2) $	4,49805551E+04	eV/c ²
8	Pourcentage différence	% Δ	$\% \Delta = \frac{\Delta}{M_{qec} (C2)}$	0,1613597339	%
9	Histogramme du quark muonique confiné	H_{qm}	$H_{qm} = 261\ 412\ C_{5-}$	252 299	px
10	Masse du quark muonique confiné (calculée)	$M_{qm} (C)$	$M_{qm} (C) = \left(\frac{H_{qm}}{H_{qec}}\right)^2 M_{qec} (C1)$	2,44393356E+08	eV/c ²
11	Histogramme du quark tauique confiné	H_{qt}	$H_{qt} = 43\ 933\ C_{5-}$	42 401	px
12	Masse du quark tauique confiné (calculée)	$M_{qt} (C)$	$M_{qt} (C) = \left(\frac{H_{qt}}{H_{qec}}\right)^2 M_{qec} (C1)$	8,65284082E+09	eV/c ²

Cet exercice est l'occasion d'effectuer un test de cohérence interne de la théorie NR, en comparant deux approches de la masse du quark électronique de l'électron confiné avant mitose, indiqué **qec (1)** sur la figure 6.15.

La ligne 4 nous donne l'approche directe en multipliant par deux la masse du quark down du Modèle standard, telle qu'elle est apparue à la ligne 26 du tableau 6.10 de la page 142.

THÉORIE NR

D'autre part, la ligne 6 multiplie la masse de l'électron confiné définie à la ligne 16 du tableau 6.2 de la page 113 par le facteur **22**, qui est équivalent à $C_s / (C_{s0} - C_s)$ (voir Tab 2.2 page 29), rapport qui peut s'interpréter comme le « pincement » de l'électron confiné, dont le tracé régulateur est soutenu par un graphe tridimensionnel dual formé de vingt deux tétraèdres réguliers.

Nous pouvons ainsi conclure que le premier processus topologique d'enveloppement aboutit avant la mitose à séparer l'espace en deux parties, l'une formée de vingt deux tétraèdres réguliers assemblés par la pointe dont la densité surfacique au niveau de la sphère de contact du tracé régulateur est à l'origine de la masse de l'électron confiné, et l'autre formée d'un seul tétraèdre régulier que nous pouvons associer conjointement à la charge électrique élémentaire négative de l'électron — dans sa formulation $\Omega = \arccos 23/27$ (voir équation 6.16 page 128) — et à la masse du quark électronique outil de projection dans l'espace de cette charge électrique.

Après mitose, les masses de l'électron confiné et de ses quarks leptoniques se trouvent divisées par deux, mais ceci ne change pas le rapport entre angles solides associés et donc la valeur géométrique de la charge élémentaire négative.

Au final, l'écart entre les deux approches du calcul de la masse du quark électronique de l'électron confiné ne diffèrent que de **1,61%**, ce qui constitue donc effectivement un bon test de cohérence interne de la théorie NR.

Les lignes 10 et 12 du tableau 6.11 nous donnent les masses des quarks muonique et tauique de l'électron confiné avant mitose — indiquées respectivement $q_{\mu c}$ (1) et $q_{\tau c}$ (1) sur la figure 6.15 de la page 145 — qui sont donc égales au double de celles de ces mêmes quarks après mitose ou de celles des quarks strange et bottom du Modèle standard de la physique des particules.

Essayons maintenant d'élargir notre point de vue sur les quarks leptoniques en abordant la création directe d'un électron libre et de son « frère ennemi » le positon, dans le processus dit de *création de paire*.