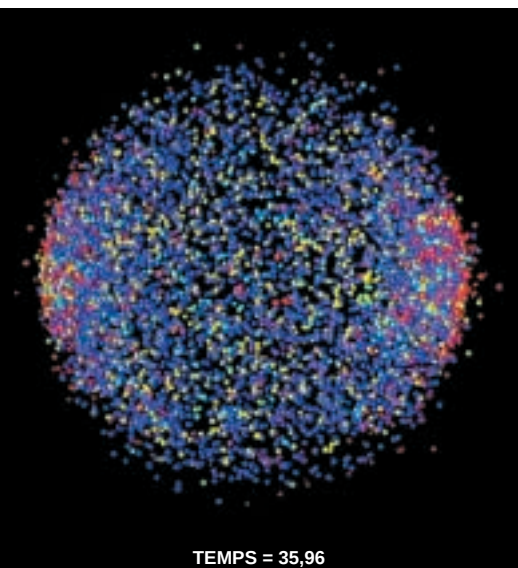
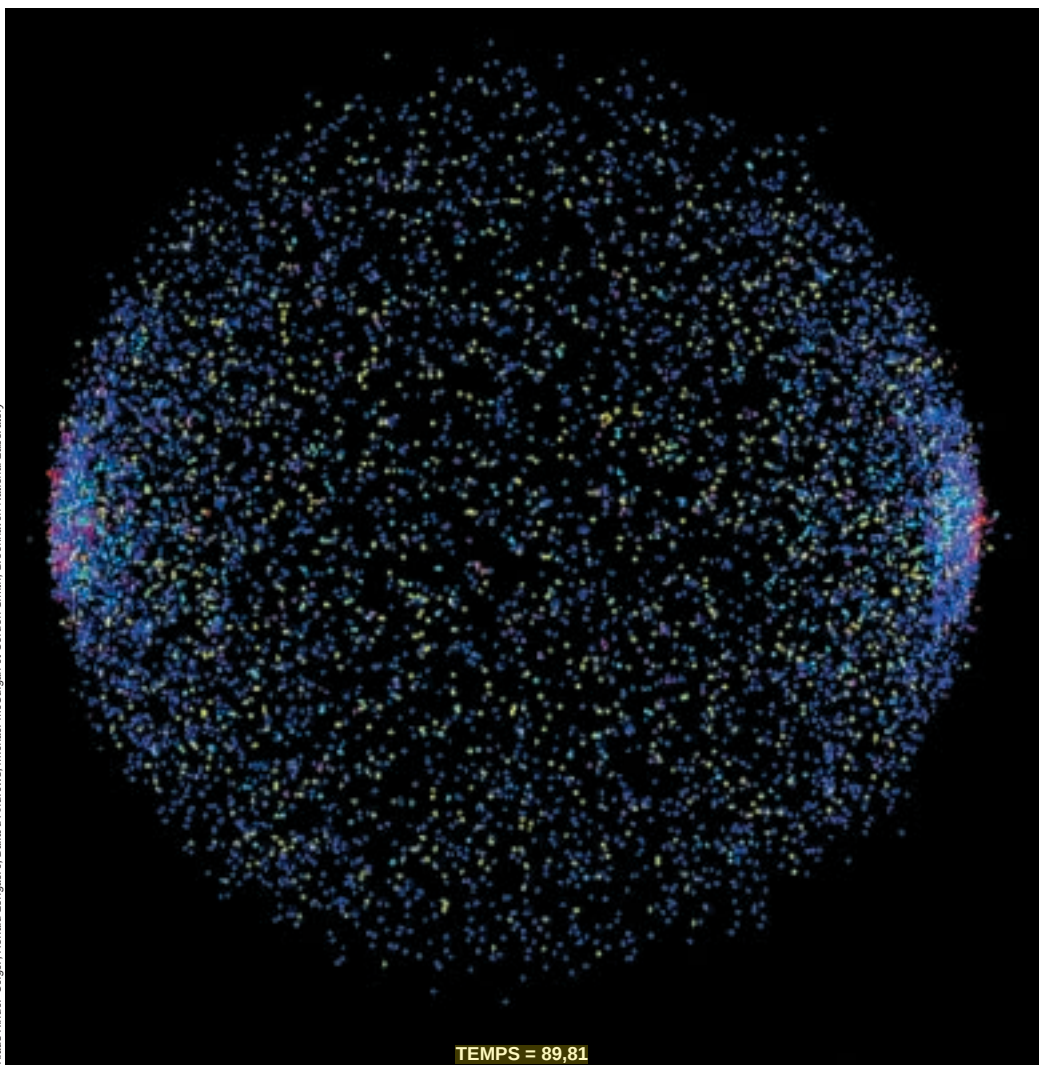




1. LA COLLISION NUCLÉAIRE simulée ici est fondée sur le modèle de la «cascade de partons» : c'est celle de deux noyaux d'or, d'abord aplatis comme des crêpes en raison de la contraction des distances pour un observateur fixe, décrites par la théorie de la relativité. Leur collision provoque la dispersion de quelques quarks (*en gris*) et de quelques gluons (*en vert*), mais les noyaux passent l'un au travers de l'autre, laissant derrière eux des quarks et des gluons très énergétiques qui s'associent rapidement en grappes (*en rouge*). Celles-ci se désintègrent ensuite en pions (*en bleu*), en kaons (*en jaune*) et en d'autres particules, qui interagissent et se désintègrent. La boule de feu grossira encore mille milliards de fois avant d'atteindre les détecteurs. L'unité du temps noté en bas à droite des images est le temps que met la lumière pour parcourir 10^{-13} centimètre.

Klaus Kinder-Geiger, Ronald Longacre, Ballard Andrews, Michael McGuigan et Gordon Smith, Brookhaven National Laboratory



caractéristique, vaut $-1/3$ au lieu de $1/3$, étaient des élastiques : quand une paire quark-antiquark (un méson) est dissociée, l'«élastique» qui les lie (l'interaction forte) exerce une force de rappel constante, et il faudrait une énergie infinie pour séparer la paire (c'est pourquoi l'on n'observe jamais de quark libre). Cependant, lorsque le quark et l'antiquark sont très proches, l'élastique se relâche, et chaque particule se comporte comme si elle était seule. C'est ce cas que l'on espère observer, brièvement, dans les plasmas de quarks et de gluons.

En outre, dans la chromodynamique quantique de basse énergie, le «vide» est mal nommé, parce qu'il n'est vide qu'en apparence : il serait plein de paires quark-antiquark, nommées condensats, qui ne se manifesteraient qu'indirectement. Dans le vide ordinaire, ces condensats respectent la symétrie du vide, et ils associent un quark d'isospin droit à un antiquark

d'isospin gauche, et réciproquement (l'isospin d'une particule est une caractéristique quantique, formellement analogue au spin, ou moment cinétique intrinsèque des particules, mais qui n'a pas d'équivalent en physique classique). Cet appariement est toutefois contraire à une règle mathématique, la symétrie chirale, qui stipule que les quarks et les antiquarks d'isospin gauche sont indépendants des quarks et des antiquarks d'isospin droit. En revanche, à une température ou à une densité assez grandes, les condensats emplissant le vide devraient disparaître, et la symétrie chirale devrait être rétablie.

Le meilleur moyen d'explorer l'interaction forte est de réaliser de gros calculs. À l'aide d'un superordinateur, les théoriciens simulent l'espace-temps par une grille de points sur lesquels ils placent les quarks et les antiquarks, reliés par les gluons. Ces calculs de chromodynamique quantique sur

réseau prévoient que les quarks et les gluons se séparent pour la même valeur de la densité d'énergie que celle qui rétablit la symétrie chirale. Autrement dit, les collisions au RHIC devraient produire un plasma de quarks et de gluons présentant une parfaite symétrie chirale.

Malheureusement, la chromodynamique quantique sur réseau ne révèle pas directement ce qui se passe lors des impacts nucléaires énergétiques. Elle ne décrit que des situations statiques, qui ne s'appliquent qu'aux systèmes à l'équilibre, et non des situations dynamiques. On ne peut pas non plus l'utiliser pour la description de zones où le nombre de quarks est supérieur au nombre d'antiquarks, alors que, les protons et les neutrons contenant des quarks et pas des antiquarks, on s'attend à un excès de quarks quand deux noyaux entrent en collision. Selon Horst Stöcker, de l'Université de Francfort, une théorie n'est réaliste que si

elle combine «la relativité, qui est ardue, à la théorie des champs, qui est ardue, à la dynamique hors équilibre, qui est ardue, à la physique à n corps, qui est ardue». Les théoriciens sont contraints de faire beaucoup d'approximations.

L'un des modèles proposés assimile les quarks à des boules de billard

qui rebondissent les unes sur les autres ; ses règles sont celles de la mécanique quantique, et il utilise la probabilité de créer des particules composées, mesurée expérimentalement. Un autre modèle assimile les noyaux à de petites gouttes liquides et leur applique les lois de l'hydrodynamique,

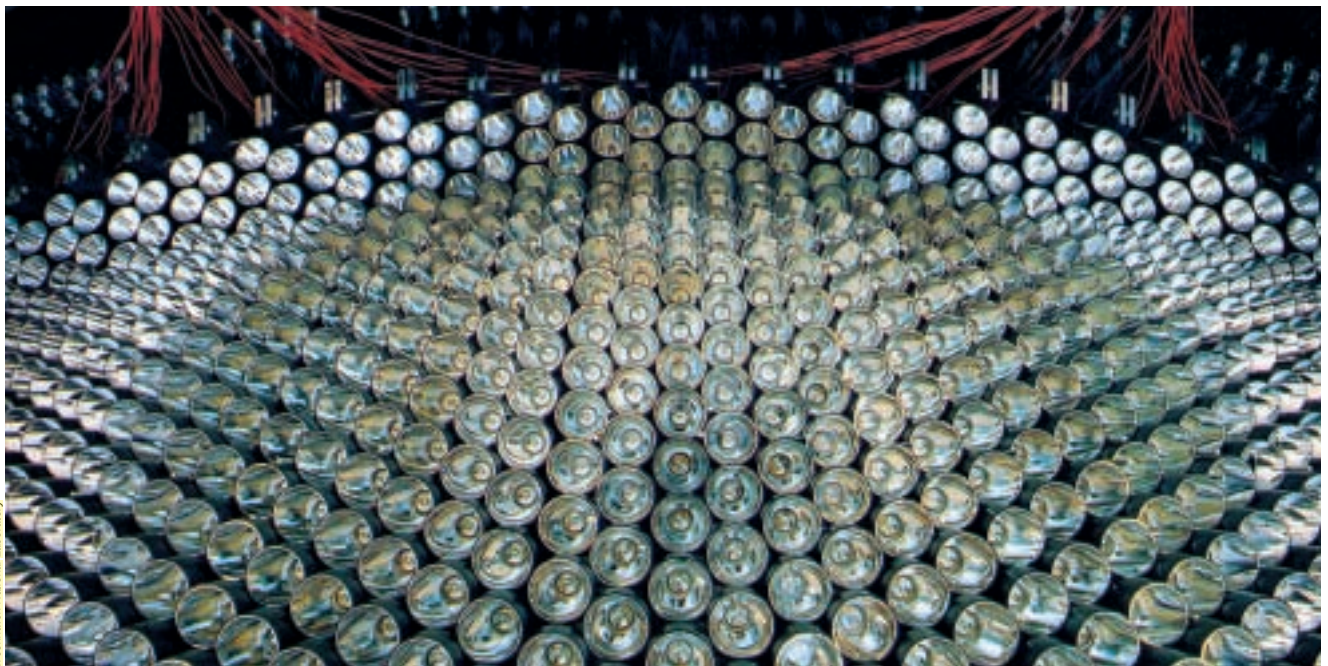
avec des paramètres calculés à l'aide de la chromodynamique quantique sur réseau. De nombreuses combinaisons et améliorations de ces modèles décrivent bien, chacune, l'un des aspects de la collision, mais aucune ne décrit correctement le phénomène dans son ensemble.



Brookhaven National Laboratory

2. LES LIGNES DE FAISCEAU du Collisionneur d'ions lourds relativistes *RHIC* de Brookhaven courberont la trajectoire des noyaux atomiques au moyen de champs magnétiques créés par des aimants supraconducteurs. La périphérie des tubes contient des cryostats,

à l'intérieur desquels circule de l'hélium comprimé froid. Les deux lignes de faisceau accéléreront des grappes de noyaux dans des directions opposées, jusqu'à leur rencontre dans les détecteurs.



Brookhaven National Laboratory

3. CE RÉSEAU DE PHOTOMULTIPLICATEURS servira à identifier les électrons qui émettront un rayonnement de Cerenkov (rayonnement électromagnétique émis par des particules chargées qui se

déplacent plus vite que la lumière dans le milieu). Cet instrument s'intégrera au détecteur *PHENIX*, qui mesurera surtout les caractéristiques des particules légères issues de la collision.