

Les théories conformes sont très présentes en physique théorique puisqu'elles permettent de décrire plusieurs systèmes d'importance, incluant de nombreux métaux. De plus, ces théories sont les blocs fondamentaux à partir desquels toutes les autres théories sont construites, puisque plusieurs physiciens croient que n'importe quel système physique est conforme lorsqu'on le regarde d'assez loin. Des noyaux des atomes jusqu'à la lumière, tout est relié aux théories conformes et c'est pourquoi il est primordial de comprendre leur fonctionnement.

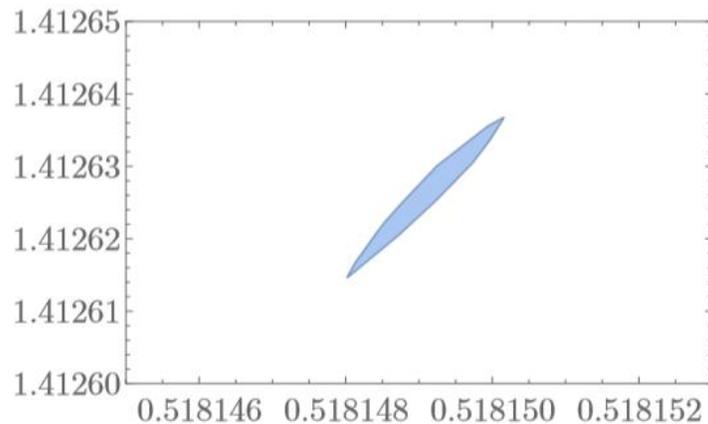
Durant mon doctorat, j'utilise une technique appelée *bootstrap conforme* pour en apprendre un peu plus sur ces théories. Le bootstrap conforme est une technique qui a été inventée dans les années 70 mais qui n'a commencé à être utilisée que récemment. L'idée est d'utiliser des principes de base très simples pour imposer des contraintes que les théories conformes doivent satisfaire. Par exemple, échanger les noms de deux particules ne devrait pas modifier comment elles se comportent physiquement. Il n'est cependant pas obligatoire mathématiquement qu'une théorie conforme satisfasse cette propriété d'invariance sous l'échange des noms et s'assurer que ce fait banal soit respecté permet étonnamment d'obtenir des résultats extrêmement précis concernant les théories physiques.

Développer, tester, utiliser

Ma recherche consiste en trois parties. Le premier aspect de mon travail est de développer des outils théoriques permettant d'étudier les conséquences du bootstrap. Il est possible de travailler avec les théories conformes en utilisant différents langages mathématiques et trouver celui qui fonctionne le mieux pour l'étude d'une propriété physique donnée est très important. Je m'intéresse particulièrement à trouver le langage qui permet de comprendre les théories conformes à haute température.

Il existe un très grand nombre de théories conformes différentes, mais le modèle de Ising, qui, rappelons-le, sert à décrire entre autres le point critique de l'eau, est particulièrement bien compris et c'est pourquoi il est très utile afin de tester des nouveaux outils théoriques. Le second aspect de ma recherche consiste donc à tester les outils développés par moi-même ou par d'autres chercheurs en vérifiant les propriétés connues du modèle de Ising.

Ceci mène directement au troisième aspect : utiliser les outils développés et bien testés pour comprendre les propriétés de théories conformes spécifiques qui sont moins bien connues. Les données qui sont intéressantes à calculer avec l'aide du bootstrap conforme sont par exemple l'énergie des particules et la manière dont elles interagissent entre elles. Celles-ci peuvent ensuite être comparées avec des expériences et être utilisées pour amener ces expériences plus loin.



Exemple de résultat (extrêmement précis) obtenu pour le modèle de Ising. Le graphique montre les contraintes sur les valeurs de l'énergie de deux particules. La partie blanche est exclue et la partie ombrée satisfait les contraintes. (image tirée de l'article « Precision Islands in the Ising and $O(N)$ Models » de Filip Kos, David Poland, David Simmons-Duffin et Alessandro Vichi)

Et notre monde dans tout ça?

Le monde qui nous entoure est influencé par la gravité, qui n'est pas conforme, et on ne peut donc pas a priori profiter de nos connaissances sur les théories conformes pour le comprendre. Cependant, une découverte extraordinaire faite au tournant du siècle dernier permet de relier les théories gravitationnelles et celles décrivant les points critiques de différents matériaux : le principe holographique. Le principe holographique affirme que notre univers entier, ainsi que son évolution dans le temps, peuvent être décrits de manière abstraite par une théorie conforme. Pourquoi holographique? Parce que la théorie conforme existe en deux dimensions, contrairement à nous, qui vivons en

trois dimensions. Ce principe laisse par conséquent croire que notre univers est la projection trois dimensionnelle d'une image plane, telle un hologramme.

Tout objet que nous connaissons possède son équivalent dans la théorie conforme qui agit de la même manière que lui. Un trou noir, astre tellement lourd que rien ni personne ne peut échapper à son attraction gravitationnelle, peut être décrit de manière holographique par un système à haute température. On peut de ce fait comprendre comment des trous noirs interagissent en étudiant simplement comment deux particules sur une surface bidimensionnelle se comportent lorsqu'il fait chaud, dans une théorie conforme. L'intensité de cette interaction est un des résultats importants que j'ai obtenus jusqu'à présent.

De manière générale, tout résultat concernant les théories conformes obtenu grâce au bootstrap peut être interprété à l'aide du principe holographique comme décrivant un phénomène ou un objet dans notre monde et effectuer cette correspondance est le dernier aspect important de la recherche que j'effectue durant mes études doctorales.