

# Des physiciens transforment le **plomb** en **or**



Des physiciens du Centre européen pour la recherche nucléaire, près de Genève, ont accompli ce que les alchimistes avaient vainement tenté pendant des siècles.

**GAZETA wyborcza**

**PIOTR CIEŚLIŃSKI**

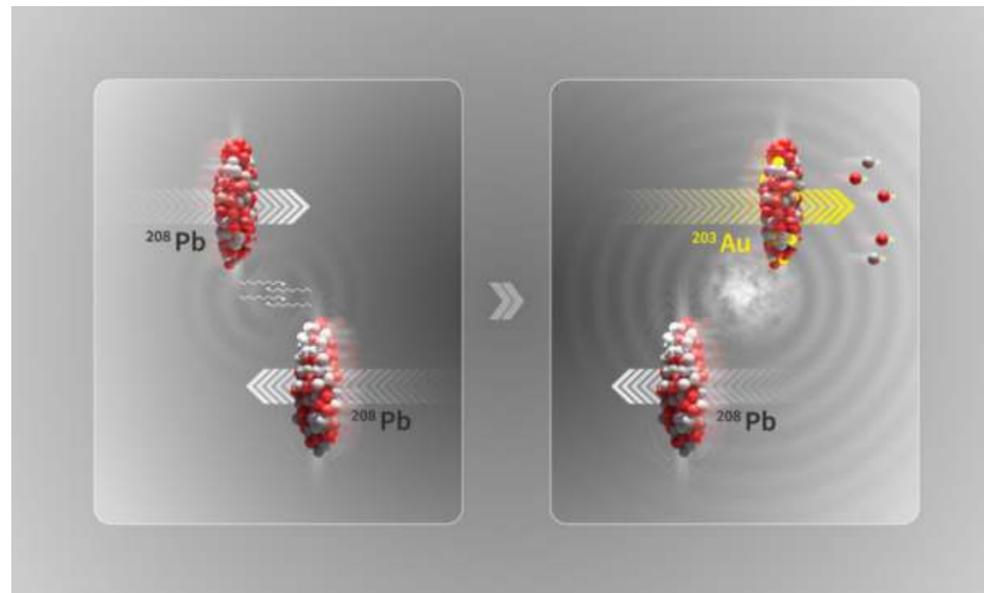
**L**a transmutation des métaux, autrement dit la transformation de métaux non précieux comme le mercure ou le plomb en ce précieux métal doré, incarnait le rêve des anciens alchimistes. Aujourd'hui, nous savons que chaque élément se distingue par le nombre de protons présents dans son noyau atomique, ce qui rend impossible leur transformation par de simples réactions chimiques. Pour transformer un élément en un autre, il faut recourir à une transformation nucléaire, un procédé qui exige beaucoup plus d'énergie.

Bien que certaines transformations nucléaires surviennent naturellement sur Terre, notamment par le biais de la désintégration radioactive, aucune chaîne de désintégration connue ne permet d'obtenir de l'or à partir de noyaux plus lourds tels que l'uranium ou le thorium. Les principales séries de désintégration naturelle – celles de l'uranium, du thorium et de l'actinium – aboutissent généralement à des isotopes stables du plomb, et non à de l'or.

## Quelle est l'origine de l'or sur Terre ?

Selon les connaissances actuelles, l'or se forme lors d'événements cosmiques majeurs, comme les explosions de supernovas, ou lors des collisions entre étoiles à neutrons. Ces phénomènes engendrent des pressions et des températures si intenses qu'ils permettent des réactions nucléaires plus complexes.

La quasi-totalité de l'or présent sur Terre s'est formée bien avant l'apparition du système solaire : cet élément faisait déjà partie intégrante de la nébuleuse qui a donné naissance au Soleil et à ses planètes. La « quasi-totalité » car, depuis près d'un siècle, les physiciens sont capables, en laboratoire, de réaliser des transformations nucléaires artificielles, et ont déjà réussi à produire de l'or à maintes reprises de cette manière.



**Un schéma montrant comment un noyau d'or est créé dans le grand collisionneur de hadrons à la suite du passage très proche de deux noyaux de plomb.** © CERN.

La première transmutation artificielle en or remonte à 1941, à l'université de Harvard, grâce à l'un des premiers cyclotrons. Cet appareil a permis d'accélérer à haute énergie des noyaux de deutérium, un isotope plus lourd de l'hydrogène. En percutant ensuite un bouclier de lithium, le deutérium a déclenché une réaction nucléaire, libérant des neutrons – les composants neutres des noyaux atomiques. Le flux de neutrons ainsi créé a ensuite été dirigé vers du mercure, entraînant la transformation de certains de ses atomes en or.

L'expérience a fait grand bruit à l'époque, mais elle n'a en rien bouleversé le marché de l'or. Pour deux raisons. D'une part, les chercheurs américains n'ont produit que des isotopes radioactifs de l'or, qui se sont désintégrés

en quelques heures. D'autre part, la quantité d'or obtenue était négligeable, se limitant à quelques atomes isolés.

**Comment le Cern a produit de l'or**  
Les physiciens du Centre européen pour la recherche nucléaire (Cern), près de Genève, ont maintenant démontré une méthode nettement plus efficace pour produire de l'or, bien qu'elle soit encore loin d'une application commerciale viable. En réalité, leur expérience ne visait ni objectif commercial ni fabrication d'or. Le précieux métal s'est manifesté comme un sous-produit fortuit d'expériences menées pour recréer les conditions qui prévalaient peu après la naissance de l'Univers.

Dans le grand collisionneur de hadrons (LHC), installé sous terre, des faisceaux de noyaux de plomb sont accélérés en sens opposé jusqu'à atteindre des vitesses proches de celle de la lumière. Lorsque deux noyaux de plomb entrent en collision frontale, un peu de plasma quarks-gluons se forme pendant un très court instant. Cet état

*Le rêve des alchimistes médiévaux s'est techniquement réalisé, mais leurs espoirs de richesse ont, une fois de plus, été réduits à néant*

**Le Cern**

”

de la matière, selon les théories actuelles, emplissait l'Univers une microseconde après le Big Bang. Mais les noyaux de plomb n'entrent pas toujours en collision ; ils se frôlent souvent d'un cheveu. C'est précisément dans ces cas qu'une transmutation en or peut se produire.

Le noyau de plomb contient 82 protons chargés positivement, tandis que l'or n'en possède que 79, soit trois de moins. Lorsque des noyaux de plomb se frôlent à grande vitesse, une impulsion électromagnétique peut arracher jusqu'à trois protons, entraînant ainsi la transformation du plomb en or. Si un ou deux protons seulement sont détachés, l'élément obtenu sera respectivement du thallium (81 protons) ou du mercure (80 protons).

Le détecteur Alice, chargé d'observer les effets des collisions entre noyaux de plomb, a réussi à repérer ces rares transmutations parmi la multitude de particules produites. Selon les physiciens, le grand collisionneur de hadrons génère actuellement environ 89.000 noyaux d'or par seconde lors des collisions de faisceaux de noyaux de plomb.

Dans une étude publiée le 7 mai dans *Physical Review C*, les chercheurs estiment qu'entre 2015 et 2018, quelque 86 milliards de noyaux d'or ont été créés au LHC, soit environ 29 picogrammes (un picogramme correspondant à un trillionième de gramme). Toutefois, la plupart de ces atomes d'or étaient instables, n'existant que pendant une microseconde environ, avant d'entrer en collision avec des composants de l'appareil ou de se désintégrer en d'autres particules. « Il s'agit de la première analyse visant à détecter et analyser systématiquement les signatures de la formation d'or dans le cadre des expériences menées au LHC », explique Uliana Dmitrieva, physicienne et membre de l'équipe Alice.

## Est-ce une méthode rentable pour produire de l'or ?

Aujourd'hui, les collisions de noyaux de plomb au LHC se déroulent à des fréquences et avec une efficacité bien supérieures à celles des années précédentes. Pourtant, les quantités d'or produites restent négligeables, bien loin de suffire à la fabrication du moindre bijou. En outre, cette méthode de production d'or est extrêmement onéreuse : le coût d'exploitation du grand collisionneur de hadrons s'élève à environ un milliard d'euros par an. A ce rythme, produire un seul gramme d'or reviendrait à près de 100.000 milliards de dollars.

« Le rêve des alchimistes médiévaux s'est techniquement réalisé, mais leurs espoirs de richesse ont, une fois de plus, été réduits à néant », écrit le Cern. Pour l'instant, les scientifiques n'ont donc aucune intention de délaïser la physique au profit de la production d'or. Ils soulignent qu'une meilleure compréhension de la façon dont les puissants champs électromagnétiques affectent les noyaux atomiques permettra d'améliorer le fonctionnement de l'accélérateur. « Comprendre ces processus est crucial pour contrôler la qualité et la stabilité des faisceaux de particules qui y sont accélérés et confinés », souligne Jiangyong Jia, physicien à l'université Stony Brook de New York, dans la revue *Nature*.

**Le détecteur Alice suit les effets des collisions de noyaux de plomb dans le grand collisionneur de hadrons.** © CERN.

