

Transfert d'information dans les quasicristaux

La découverte des quasicristaux a été récompensée par le prix nobel de chimie en 2011. Quel rapport avec un laboratoire d'informatique comme le LIPN ? C'est en fait le phénomène de *transfert d'information* sous-jacent qui intéresse les informaticiens : comment des interactions locales entre des atomes, en se propageant de proche en proche, peuvent-elles conférer une structure globale complexe à un matériau ?

Figure 1 :
 Vue partielle
 d'un recouvrement du plan
 par deux tuiles apériodiques
 dues à Roger Penrose
 (1974). La seule contrainte
 imposée est que les tuiles
 ne peuvent s'agencer –
 a rotation près - que de sept
 façons différentes autour
 d'un sommet (les sept cas
 peuvent être trouvés
 sur cette vue).
 Les recouvrements vérifiant
 cette contrainte locale sont
 tous apériodiques.
 Chacun d'eux
 est cependant
quasipériodique : tout motif
 fini qui apparaît quelque
 part réapparaît à distance
 bornée de n'importe quel
 autre point
 du recouvrement
 (c'est la notion d'ordre qui
 correspond à celle
 des quasicristaux).

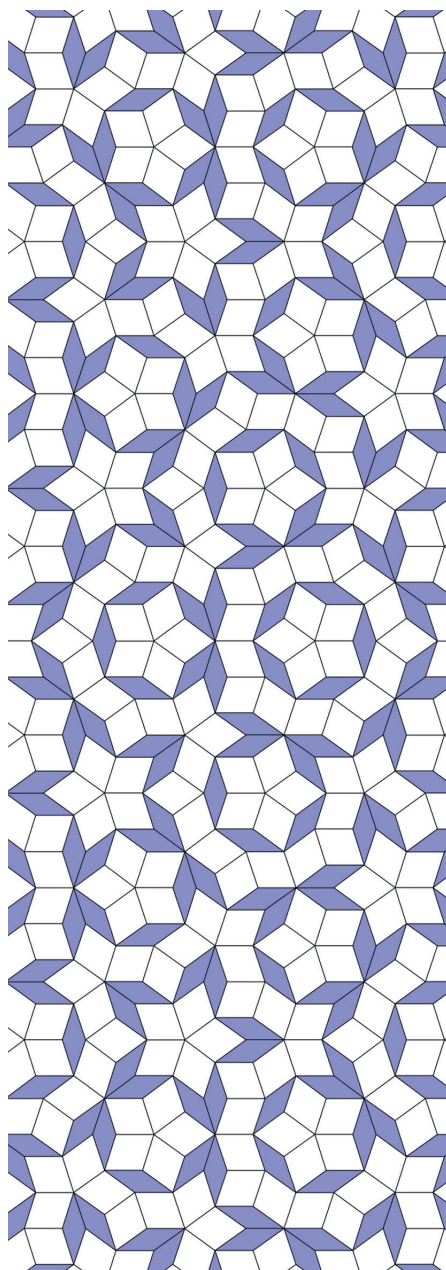


Fig. 1

contact

Laboratoire
 d'Informatique de
 Paris-Nord (LIPN)
 UMR CNRS 7030

Directrice :
 Laure Petrucci
 ☎ 01 49 40 35 79
 Institut Galilée

Au début des années 60, le logicien Hao Wang considère un modèle à base de carrés à bords colorés appelés *tuiles*. Ces tuiles sont placées côte-à-côte comme sur une grille, deux tuiles ne pouvant être adjacentes que le long de bords de la même couleur (comme dans un puzzle). Il y a toujours un nombre fini de tuiles différentes, mais chacune peut être utilisée autant de fois que l'on veut. Wang pose alors la question de décider algorithmiquement si un jeu de tuiles donné permet de couvrir le plan euclidien tout entier.

On peut évidemment utiliser la puissance de calcul d'un ordinateur pour examiner toutes les façons de couvrir des régions finies de plus en plus grandes : si l'on trouve une région impossible à couvrir la réponse est « non », alors que si l'on trouve un motif qui peut être répété périodiquement dans deux directions la réponse est « oui ». Mais si les tuiles peuvent couvrir le plan sans jamais le faire de façon périodique ? Alors l'ordinateur ne s'arrêtera jamais ! Wang conjecture que c'est impossible, mais son étudiant Robert Berger réussit quelques années plus tard à construire un tel jeu de tuiles, dites *apériodiques*. En outre, en combinant ces tuiles avec d'autres qui simulent l'exécution d'un programme, Berger démontre qu'aucun ordinateur ne pourra jamais répondre en toute généralité à la question posée par Wang : il s'agit d'un problème indécidable.

L'étude de ces tuiles apériodiques connut un nouvel essor en 1982 avec la découverte des *quasicristaux*. Ceux-ci partagent avec les cristaux une propriété d'ordre (définie par une figure de diffraction essentiellement discrète) mais s'en distinguent par leur apériodicité. Un lien avec les tuiles apériodiques fut rapidement établi, les contraintes de couleur sur les bords adjacents des tuiles modélisant les interactions énergétiques à courte distance au sein du quasicristal. Le problème devient alors de classer les tuiles apériodiques, dans l'objectif de prédire les structures quasicristallines possibles (un peu comme la table de Mendeleïev permit de prédire certains éléments chimiques avant leur découverte). Ce problème est à la croisée de thèmes fédérateurs de l'équipe CALIN que sont la combinatoire, l'analyse de structures et la physique mathématique.

Plus de détails peuvent être trouvés sur la page :
<http://lipn.univ-paris13.fr/~fernique/quasicool/>

Thomas FERNIQUE
 thomas.Fernique@lipn.univ-paris13.fr