

Quasi-cristaux

Dans l'article «Nouvelles visions des quasi-cristaux» (voir *Pour la Science*, septembre 1999), la démonstration de Petra Gummelt de l'existence d'un recouvrement des pavages de Penrose par une unique pièce décagonale proprement décorée repose sur les propriétés particulières d'un certain type de pavages pentagonaux, ceux dits de Penrose stricts. Elle n'est pas généralisable à des pavages quasi périodiques quelconques, même pentagonaux. Tout indique au contraire que, compte tenu des propriétés très spécifiques requises pour un recouvrement par un pavé unique, les pavages tridimensionnels réalistes – et, *a fortiori*, les structures atomiques – ne sont pas descriptibles par un unique pavé de recouvrement de taille pas trop grande (pour garder un sens physique plausible). Pour le pavage icosaédrique le plus simple correspondant aux quasi-cristaux réels tridimensionnels (structure icosaédrique de type F), Peter Kramer, l'un des trois auteurs cités dans l'article, identifie déjà au moins deux pavés générateurs.

Sur le fond, l'enjeu est de savoir en quoi la détermination d'un amas atomique prototype de recouvrement unique – à supposer qu'il existe dans les quasi-cristaux réels – pourrait apporter une nouvelle «vision» de ces solides.

Sur le plan descriptif, l'information est faible : certains atomes de l'amas prototype appartenant à deux ou plusieurs amas de façon variable selon la localisation de l'amas considéré, il est impossible de déduire directement la composition et la densité de l'alliage à partir de celles de l'amas : il faut connaître les fréquences d'apparition des divers recouvrements, ce qui revient à remonter dans l'espace à N dimensions. Pour la même raison, il est impossible d'en calculer le spectre de Fourier – calcul pourtant essentiel pour la confrontation des modèles avec l'expérience – sans, à nouveau, faire appel à l'espace de grande dimension. Les «modestes résultats» (sic) sur les structures atomiques des quasi-cristaux obtenus à partir de modèles N -dimensionnels – qui, eux, conduisent directement à toutes ces informations –, constituent les seules données sérieusement quantifiées et confrontables à l'expérience. Plus grave, l'idée selon laquelle la stabilité du quasi-cristal provient de celle de l'amas de recouvrement est intenable. Qui pourrait argumenter que l'énergie d'un cristal est proportionnelle à celle de son motif ? Et, lorsqu'en plus, comme ici, les motifs se recouvrent de façon quasi périodique, il n'existe plus aucun moyen, même qualitatif, d'évaluer l'énergie du solide par rapport à celle du motif isolé.

Reste le problème de la croissance. Les règles de recouvrement des couleurs proposées par Petra Gummelt sont équivalentes aux règles d'incidence des tuiles losanges des pavages de Penrose : construire le pavage avec l'une ou l'autre des méthodes conduit aux mêmes types d'incompatibilités. Un théorème déjà ancien, dû à R. Penrose, stipule qu'il n'y a pas de règles de croissance locales pour ces pavages, et la belle décomposition géométrique de P. Gummelt n'y échappe pas. La compréhension de la croissance quasi cristalline n'est pas seulement une affaire de géométrie, elle passe aussi, et surtout, par une étude de la dynamique des atomes au sein du solide et en front de croissance. Recouvrement ou non, le problème reste entier.

Au total, ces «nouvelles visions des quasi-cristaux» se résument en une propriété géométrique très intéressante des pavages de Penrose stricts, mais l'interprétation physique est contestable.

Denis GRATIAS, L'Hay-les-Roses

Isolationnisme ?

Parce que je suis coupable d'avoir introduit la table à coussin d'air dans l'enseignement de la mécanique, parce que j'ai proposé une méthode pour la découverte expérimentale des lois de conservation, puis de non-conservation de la quantité de mouvement (méthode adoptée par la commission Lagarigue), je crois utile de réagir à ce propos de Jacques Treiner (voir *Pour la Science*, octobre 1999) : «Ainsi, la célèbre table à coussin d'air permet de se placer dans une situation qui n'existe jamais dans le monde réel, à savoir un monde sans frottements.»

Jacques Treiner n'a-t-il jamais connu le verglas ? N'a-t-il jamais lancé un caillou sur la glace d'un étang gelé et observé alors la loi d'inertie (presque ! Mais, en physique, c'est toujours presque !)?

Élevons le débat. Le monde réel met en jeu une telle multiplicité d'interactions qu'il ne peut être étudié qu'en entourant une partie de ce monde, appelée système, par une enceinte isolante interdisant les interactions autres que celles que l'on veut étudier expérimentalement. Par exemple : l'étude de l'interaction thermique entre deux corps nécessite leur enveloppement par une enceinte adiabatique réalisée approximativement avec le calorimètre. Faudrait-il exclure le calorimètre de l'enseignement sous prétexte qu'il n'existe pas de paroi adiabatique dans le monde réel ? Faudrait-il interdire les «fils électriques» dont l'isolement est imparfait dans

un monde réel ? La physique expérimentale utilise une multitude de parois approximativement imperméables à diverses grandeurs extensives : notre table à coussin d'air crée une situation dans laquelle un mobile est protégé – approximativement – d'un apport de quantité de mouvement. Dans un premier temps, on ne comprend pas comment fonctionne une paroi isolante (la paroi du calorimètre, la table à coussin d'air, etc.), mais cette paroi permet d'établir certaines lois de la physique. Réciproquement, les lois ainsi établies permettent de comprendre le fonctionnement de la paroi et de permettre le perfectionnement de cette paroi. La paroi perfectionnée est alors utilisée pour améliorer notre connaissance des lois de la physique, laquelle progresse ainsi par allers et retours entre lois fondamentales et technologie. Les élèves doivent comprendre cela !

Se satisferait-on d'un retour à la machine d'Atwood et de l'assimilation à un point matériel unique de l'ensemble de deux masses réunies par un fil passant sur une poulie ?

(La suite de la lettre est disponible sur le site Web www.pourlascience.com)

Pierre PROVOST, Clamart

Outrage !

J'ai été outré par le ridicule achevé de vos articles concernant l'évolution, et tout particulièrement la fable monumentale qui veut faire croire aux gens qu'ils ont pour grand-père un singe, pour arrière-grand-père un oursin, pour grand-mère une guenon... Cela sans aucune probité intellectuelle, vertu première et indispensable de tout homme, surtout s'il se prétend «homme de science».

En effet, vous avez publié un numéro démentiel sur la «préhistoire». On a trouvé, dites-vous, des traces de pas sur une boue solidifiée, et vous en déduisez que ces traces sont celles d'êtres humains – ou pré-humains – qui sont passés par là il y a plusieurs dizaines, voire centaines de millénaires... Vous n'en savez strictement rien. Vous êtes encore prisonniers du canular fantastique qu'a inventé l'abbé Breuil, le peintre des «grottes de Lascaux», grâce auxquelles il a convaincu de sottise tous les paléontologues du monde...

Abbé Joseph GRUMEL

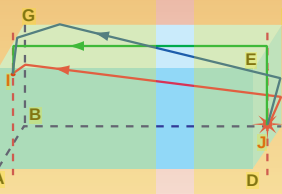
Écrivez à *Pour la Science* vos réactions, vos commentaires et vos réflexions sur l'actualité scientifique et vos relations avec la science. L'adresse de *Pour la Science* sur Internet est : tribune@pourlascience.fr.

JEU-CONCOURS N° 65

PIERRE TOUGNE

Cosmologie sur un parallélépipède

Dans un univers imaginaire, Flatland, les êtres sont à deux dimensions et s'interrogent sur la physique dans un tel univers. Je vous emmène dans un univers qui est la surface d'un parallélépipède rectangle. Un astronome I , situé sur l'axe de symétrie vertical de la face $ABGH$ à 2 400 000 kilomètres au-dessus du centre de cette face, observe l'unique étoile J , de cet univers, elle-même située sur l'axe de symétrie vertical de la face $CDEF$ à 2 400 000 kilomètres au-dessus du centre de la face (voir la figure).



Il constate qu'il voit cette étoile dans huit directions différentes et que la lumière met 65 secondes pour lui parvenir. Dans cet univers comme dans le nôtre, la lumière se propage à 300 000 kilomètres par seconde, en suivant le chemin le plus court entre deux points. Quelles sont les longueurs des côtés de ce parallélépipède ?

Envoyez vos réponses aux questions à Pour la Science, 8, rue Férou, 75006 Paris. Parmi les réponses exactes reçues pendant le mois de novembre 1999, dix gagnants tirés au sort recevront un livre.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N° 63

«A n'importe quelle distance entre O et 30 kilomètres de la ville B !» Les valeurs numériques n'ayant pas d'importance, nous raisonnerons avec une distance d et des vitesses v_c (cycliste) et v_m (marcheur), avec $v_c > v_m$. Représentons le parcours de chaque promeneur sur un graphique ayant le temps en abscisse et la distance parcourue en ordonnée. Un promeneur effectuant tout le trajet à bicyclette est représenté par le segment OV , de pente v_c ; de même pour le marcheur, c'est le segment OM , de pente v_m . Les parcours réels de chacun des promeneurs seront une succession de segments de droite parallèles, respectivement à OV s'il est à bicyclette et à OM s'il marche, compris à l'intérieur du triangle OVM et se terminant en un point E de VM , car ils arrivent simultanément à la ville B . Dans le cas d'un seul échange de la bicyclette, les parcours des deux promeneurs sont les côtés d'un parallélogramme de sommets opposés O et E et de côtés parallèles à OM et à OV , donc à mi-distance $d/2$ en C et D . Ainsi, le promeneur commençant à bicyclette (en bleu) va de O en C , où il laisse la bicyclette, puis

de C à E en marchant, tandis que l'autre promeneur (en rouge) marche de O à D , où il trouve la bicyclette et termine le trajet DE à bicyclette (voir la figure 1).

Supposons maintenant que le dernier échange a eu lieu à une distance x comprise entre $d/2$ et d et, pour simplifier, que les deux promeneurs ne se sont croisés qu'une seule fois (la généralisation est laissée au soin du lecteur). Soit M_2 le point de OE d'ordonnée x . Au moment du croisement, on se retrouve dans la situation de la figure 1, mais avec comme origine le point de croisement E_1 , qui n'est autre que le symétrique de E par rapport à M_2 (on justifie a posteriori que $x > d/2$, car, dans le cas contraire, E_1 ne serait plus entre O et E), et les parcours des deux promeneurs entre E_1 et E est le parallélogramme $E_1D_2EC_2$ (voir la figure 2). E_1 étant le seul croisement depuis le départ de O , le trajet des deux promeneurs est le parallélogramme ayant pour sommets opposés O et E_1 et des côtés parallèles à OV et OM , que l'on construit en prenant le milieu M_1 de OE_1 , C_1 et D_1 étant l'intersection de l'horizontale passant par M_1 avec OV et OM .

