

qui lui vaut le nom de *chatter ring*, anneau qui bavarde]. Avec l'aide de son père, il fabrique alors de nouveaux jeux en remplaçant les anneaux par des écrous.

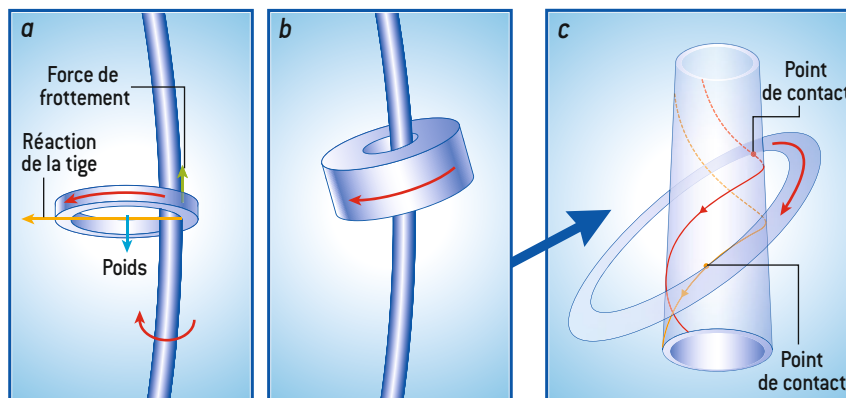
En voyant des enfants y jouer, Murray Potts, responsable d'une ferme de production de kiwis, perçoit tout le potentiel du dispositif. Il l'améliore et convainc Warehouse, le plus gros vendeur néo-zélandais de jouets, qui en écoule 140 000 exemplaires dans ce pays entre avril et octobre 1996. Le succès du jeu est tel que des écoles sont obligées de l'interdire...

Descente hélicoïdale

Comment expliquer le comportement des petits anneaux ? En première approximation, leur mouvement est semblable à celui d'un *hula hoop*. Dans un *hula hoop*, l'anneau est horizontal, c'est-à-dire perpendiculaire à l'axe vertical formé par le corps du joueur, et roule sans glisser sur l'axe central. Lorsque la rotation est assez rapide, le cerceau prend une position horizontale sous l'effet de la force centrifuge. C'est en remuant son bassin que le joueur entretient la rotation du cerceau. Toujours à cause de la force centrifuge, l'anneau est fermement plaqué contre l'axe vertical du corps. Ce contact crée une force de frottement qui empêche l'anneau de glisser vers le bas pendant qu'il roule sur le corps.

De la même façon, dans le *chatter ring*, la rotation permet aux petits anneaux de rester plaqués contre la tige centrale. Ainsi, ils ne glissent pas. Toutefois, aucun mouvement de la tige analogue à celui du corps dans le *hula hoop* ne vient entretenir leur rotation. D'où les anneaux tirent-ils donc l'énergie pour continuer de tourner ? Réponse : du champ de pesanteur. Voyons comment.

Les anneaux du *chatter ring* ne sont pas perpendiculaires à la tige, mais inclinés. Cette inclinaison, ajoutée à l'épaisseur de l'anneau, fait que le contact entre un anneau et la tige a lieu en deux points et non plus un seul (voir la figure 2). Il s'ensuit qu'en roulant sur la tige, l'anneau ne se déplace pas sur un cercle restant dans un même plan, mais selon une hélice : à la rotation s'ajoute un mouvement de translation (sans



2. LE PRINCIPE DU CHATTER RING s'apparente à celui du *hula hoop*. Dans ce dernier (a), l'anneau est maintenu en rotation à un niveau constant grâce à une agitation appropriée de l'axe : cette agitation fait tourner l'anneau, et la réaction de la tige, opposée à la force centrifuge, crée une force de frottement suffisante pour que l'anneau ne glisse pas vers le bas. Dans le *chatter ring* (b et c), l'anneau est incliné, avec deux points de contact avec l'axe. Quand l'anneau tourne sans glisser, il descend le long de la tige, les deux points de contact décrivant une hélice. L'énergie cinétique gagnée lors de cette descente dans le champ de pesanteur sert à entretenir la rotation.

glissement) le long de la tige. Du couplage de ces mouvements résulte un transfert d'énergie. La perte d'énergie du mouvement de rotation, due au frottement de roulement entre l'anneau et la tige, est compensée par l'énergie cinétique gagnée lors de la descente dans le champ de pesanteur. Et le joueur compense en continu cette descente en faisant tourner la tige centrale dans un plan vertical, ce qui a pour effet de maintenir les anneaux à un même niveau.

En expérimentant, on voit que les anneaux adoptent l'inclinaison maximale compatible avec leur géométrie. On comprend aussi que l'inclinaison est d'autant plus forte que le diamètre est grand, et il en est de même pour le pas de l'hélice décrite le long de la tige. On en déduit que, pour une même vitesse de rotation, la descente le long de la tige est d'autant plus rapide que le diamètre intérieur de l'anneau est grand.

Conséquence ? Si l'anneau est trop large, une rotation suffisamment rapide pour que la force centrifuge plaque l'anneau sur la tige entraînerait une descente trop brutale, que le joueur serait incapable de compenser. Ainsi, si son diamètre est trop grand, l'anneau se met à glisser. En revanche, si l'anneau est trop petit, il est quasi horizontal ; la descente

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>

BIBLIOGRAPHIE

H. R. Crane, Chattering, the chattering and the hula hoop, *The Physics Teacher*, vol. 30(5), pp. 306-308, 1992.

Retrouvez les articles de J.-M. Courty et E. Kierlik sur www.pourlascience.fr



3. CEUX QUI MAÎTRISENT l'« anneau bavard » peuvent pousser assez loin les jeux d'adresse et les figures de jonglerie.

et, donc, la conversion d'énergie potentielle de gravitation en énergie cinétique ne sont alors pas assez rapides pour compenser les pertes dues au frottement, et la rotation cesse. La fourchette pour laquelle on a le mouvement attendu se situe pour un diamètre intérieur des petits anneaux compris entre 1,2 et 2,3 fois le diamètre de la tige.

La présence de plusieurs anneaux rend la physique du jeu encore plus intéressante. Des photographies au flash ou l'utilisation de caméras rapides montrent tout d'abord que la rotation des divers anneaux est synchronisée et que ceux-ci descendent à la même vitesse, alors même qu'ils ne sont pas en contact.

Comment cela est-il possible ? La rotation des anneaux entraîne une vibration de la tige qui couple le mouvement des divers

anneaux. Ainsi, non seulement ces anneaux se mettent à tourner à la même fréquence, mais en plus, ils deviennent en phase, c'est-à-dire que tous les anneaux tournant dans le même sens sont, à chaque instant, inclinés dans la même direction.

Cependant, on ne comprend pas encore tout du *chatter ring*. Les anneaux peuvent tourner dans des sens différents (le choix dépend de la façon dont on les lance). Dans ce cas, les anneaux restent synchronisés, mais on constate que la distance entre deux anneaux successifs tournant en sens opposés est sensiblement supérieure à celle qui sépare deux anneaux tournant dans le même sens. Pourquoi ? Qu'est-ce qui détermine la distance entre deux anneaux successifs ? Expérimentateurs, à vos anneaux !

universcience présente

les conférences

à la Cité des sciences et de l'industrie

entrée libre

Le cosmos vu par les mathématiques [LES MERCREDIS À 18 H 30]

Les mathématiques mettent à mal les apparences placides de la voûte céleste et dérangent notre vision du cosmos. Que nous révèlent les théorèmes et les équations ? Quelles surprises nous réservent-ils ?

21 MARS Le Système solaire est-il chaotique ?
→ François Béguin, maître de conférences au département de mathématiques d'Orsay à l'université Paris-Sud-XI et chercheur au département de mathématiques et applications à l'École normale supérieure (ENS), Paris.

28 MARS La galaxie, agitée et en quête de relaxation
→ Cédric Villani, professeur de l'Université de Lyon, directeur de l'Institut Henri-Poincaré, CNRS/UPMC, Paris, et lauréat de la médaille Fields 2010.

4 AVRIL L'Univers est-il courbe ?
→ Jérémie Szeftel, chercheur au département de mathématiques et applications à l'École normale supérieure (ENS), Paris.

Avec le soutien de

SCIENCE **FUTURA-SCIENCES** **encyclo** **SCIENCES AVENIR** **culture**

programme complet sur www.universcience.fr

SCIENCE & GASTRONOMIE

Le fractionnement des produits

Cuisiner « note à note » à partir de composés purs est compliqué. Un compromis est d'utiliser des mélanges préparés par avance.

Hervé THIS

Dans la cuisine moléculaire, il ne s'agit pas de cuisiner avec des molécules : qui prétendrait faire autrement ? Non, le but est de tirer profit de « nouveaux » outils, ingrédients, méthodes – par exemple le siphon, l'évaporateur rotatif, la sonde à ultrasons, l'azote liquide, les agar-agar, carraghénanes, etc. L'idée de la cuisine note à note est différente : il faut partir de composés (purs si possible) pour construire les mets.

La difficulté de cette cuisine est analogue à celle qu'ont rencontrée les musiciens quand sont apparus les premiers synthétiseurs : étant donné la possibilité de mêler des sons de fréquence pure, comment faire de la musique ? Il semblait fastidieux d'avoir à décider, pour chaque fréquence audible, de l'intensité du son, en vue de faire non plus des notes, mais des mélanges d'ondes sonores ! Aussi les fabricants de synthétiseurs ont introduit des « enveloppes », afin de produire des timbres préformés, avec quelques possibilités de réglage, qui restreignent certes les possibilités théoriquement infinies, mais qui permettent au musicien... de faire de la musique.

Et s'il en était de même pour la cuisine note à note ? Puisque la construction d'un plat à partir de composés purs est compliquée, ne pourrions-nous pas, plutôt, partir de mélanges préparés par avance et différents des tissus végétaux ou animaux ? Une proposition, pour préparer de tels mélanges, est le fractionnement des produits végétaux ou animaux.

Un tel fractionnement existe déjà dans l'industrie alimentaire, qui fractionne le blé ou le lait, depuis quelques décennies. C'est ainsi que l'on prépare du son, de l'amidon, des protéines (gluten, par exemple), ou, pour

le lait, des matières grasses à diverses températures de fusion, des poudres, etc. Pourquoi ne pas généraliser les techniques à d'autres produits végétaux ou animaux : la carotte, la pomme, la viande d'agneau, le merlan, l'orange... ? Depuis quelques années, à la Station INRA de Pech Rouge, les chercheurs préparent la fraction polyphénolique totale du vin, les composés odorants qui sont libérés lors de la fermentation, les sucres... Les techniques mises en œuvre sont classiques : distillations, évaporation sous pression réduite, filtrations.

L'industrie de l'eau, notamment, a perfectionné les systèmes de filtration et produit des « cartouches », analogues dans leur principe à celles qui figurent dans les carafes de purification de l'eau. Ces systèmes séparent un liquide injecté sous pression en fractions déterminées par le type de filtre choisi. Nanofiltration, ultrafiltration, microfiltration, osmose directe, osmose inverse... Selon les techniques, on retire les ions, les oligosaccharides (glucose, fructose, saccharose, etc.), les acides aminés, les composés phénoliques, les pigments caroténoïdes ou chlorophylliens...

Voyons le cas des carottes dont le liquide, après broyage, a été placé dans un appareil qui, en quelques minutes, a séparé une « eau » assez pure d'un concentré des autres composés dissous. Un traitement supplémentaire, à l'aide d'une cartouche aux pores de taille différente, aurait poursuivi le processus et séparé les composés.

Ces fractions, plus « élaborées » que le produit végétal initial, peuvent être vendues à un prix supérieur à celui du produit initial, et l'on peut souhaiter que ce type de méthodes contribuera à l'enrichissement des agricul-

teurs indispensables à notre économie et à la sauvegarde de notre environnement.

Pour les cuisiniers, ce sera la source d'ingrédients culinaires nouveaux, préparés à partir des produits de l'agriculture ou de l'élevage actuels. Évidemment, la cuisine à l'aide de ces matières ne sera pas de la cuisine note à note « pure », mais un bon début.

On apprendra ensuite à craquer les tissus végétaux et animaux, en vue de la préparation de nouveaux ingrédients (dans le fractionnement, on se limite à séparer des composés ; dans le craquage, on modifie les composés au cours du traitement de séparation).

Un exemple de réalisation possible ? La sauce wöhler se confectionne par mélange d'eau (disons 250 millilitres), de six feuilles de gélatine, d'une cuillerée à soupe de composés phénoliques de Syrah, une demi-cuillerée à café d'acide tartrique, une cuillerée de glucose, un peu de sel, une goutte de solution diluée de capsaïcine (ou, à défaut, d'une macération de piment dans de l'huile) ; on chauffe, on ajoute de la matière grasse (huile) en fouettant. À servir avec un flan un peu ferme fait de poudre d'œuf, d'eau, de 1-octène-3-ol. J'ai essayé, c'est délicieux !

Avec ces techniques, le... goût pour les nouveaux goûts sera facile à satisfaire. ■



Hervé This est chimiste dans le Groupe INRA de gastronomie moléculaire, professeur à AgroParisTech et directeur scientifique de la Fondation Science & Culture Alimentaire (Académie des sciences).



Retrouvez les articles de Hervé This sur www.pourlascience.fr

