

Un mammouth du troisième type

Les 325 ossements et molaires de mammouth retrouvés à Romain-la-Roche, dans le Doubs, cumulent les caractéristiques des deux espèces de mammouths connues : le mammouth des steppes, de 5,5 mètre de hauteur, qui vécut entre 850 000 et 300 000 ans avant notre ère et le mammouth à toison laineuse, plus petit, qui vécut entre 100 000 et 10 000 ans avant notre ère. Selon Patrick Paupe, responsable du site, l'étude de la géométrie des molaires, qui représente souvent l'«emprunte digitale» d'une espèce, la taille des fémurs, et l'âge des os (entre 150 000 et 18 000 ans avant notre ère), indiquent que le mammouth du Doubs fait le lien dans l'évolution, entre les deux espèces connues.

Mini-char d'assaut

Ce robot autonome est l'un des plus petits du monde : il tient sur une pièce de monnaie. Deux moteurs alimentés par trois piles de montre font tourner les roues sur cheville et avancer le robot à 50 centimètres par minute. Il est équipé d'une caméra, d'un microphone et d'un capteur chimique. Les roboticiens des laboratoires Sandia, qui l'ont mis au point, envisagent des applications de détection dans des zones dangereuses.



Le bacille de la lèpre

La lèpre touche encore de nombreux pays, tels le Brésil, la Guinée, l'Inde, Madagascar... Chaque année, en France, 25 nouveaux cas surviennent, 700 000 dans le monde. Près de deux millions de personnes, souvent exclues par la société, souffrent des infirmités consécutives à la maladie. L'équipe de Stewart Cole, à l'Institut Pasteur, en collaboration avec une équipe britannique, a réalisé le séquençage complet du bacille. Le génome la mycobactérie de la lèpre et celui de la tuberculose sont très proches. Leur comparaison a révélé quelques gènes spécifiques du micro-organisme de la lèpre, sans doute des pistes pour la mise au point de tests de dépistage précoce (dès le début du traitement, les malades cessent d'être contagieux) et de traitements moins lourds que celui dont on dispose aujourd'hui, qui nécessite l'administration d'une combinaison d'antibiotiques, parfois pendant un an.

Certaines brèves d'avril se terminent par une parenthèse ; ce n'est pas une faute de frappe, mais le nombre d'énigmes que vous aurez résolues (voir www.pourlascience.com).

Gaz de grains

Les gaz de billes ressemblent étrangement aux gaz moléculaires.

Il n'y a pas de différence entre un tas de sable et l'air que l'on respire... ou presque! Depuis la fin du XIX^e siècle, on sait comment se comportent les molécules d'un gaz : comme des billes! Dans leur théorie cinétique des gaz, Maxwell et Boltzman ont montré que – pour l'essentiel – tout se passe comme si les molécules de gaz étaient des sphères. Quelle différence y a-t-il entre un gaz constitué de molécules et un milieu granulaire contenant des particules? La taille des constituants, puisque les molécules gazeuses ont un diamètre de l'ordre de quelques nanomètres, tandis que les constituants d'un milieu granulaire ont des tailles supérieures à 10 micromètres. C'est du moins l'hypothèse que nous avons faite pour tenter de préciser le comportement de ces milieux, fréquents dans la nature, sous la forme de dunes de sable, de tas de grains dans un silo ou de poudres dans l'industrie.

Le comportement de ces milieux granulaires mi solides, mi fluides, est complexe, et les physiciens ont des difficultés à mettre au point des modèles physiques pour les décrire. C'est pourquoi ils procèdent à l'inverse : ils recherchent les circonstances où un modèle physique connu s'applique. C'est ce que nous avons fait en utilisant la théorie cinétique des gaz.

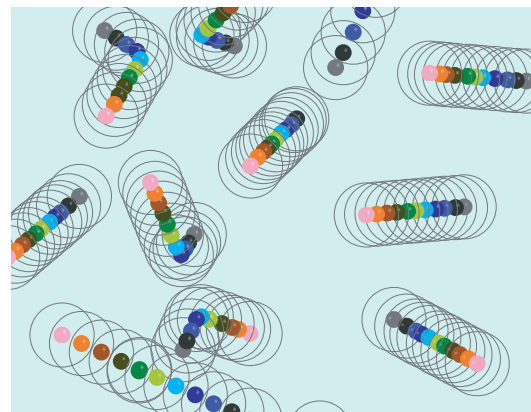
Selon le principal résultat de la théorie de Maxwell-Boltzmann, la distribution des vitesses (le nombre de molécules ayant la même vitesse) des molécules en mouvement dans un gaz ne dépend que de la température du milieu, ou encore de l'agitation thermique. Pour rechercher si ce résultat est applicable aux milieux granulaires, il nous fallait définir l'équivalent de la température d'un «gaz» de grains macroscopiques, une grandeur qui décrit l'agitation des grains. Dans un milieu granulaire, l'énergie qui agit les grains ne peut venir que de l'extérieur, puisqu'il n'y a pas d'agitation thermique en raison de la taille macroscopique des grains. Les physiciens ont défini la «température granulaire» par l'énergie cinétique moyenne des grains.

Afin de tester si une loi analogue à la loi de Maxwell-Boltzmann s'applique aux gaz de grains, nous avons réalisé l'expérience suivante : plusieurs cen-

taines de petites billes d'acier de 1,5 millimètre de diamètre, sont placées dans une petite boîte parallélépipédique faite de plastique transparent ; la hauteur et la largeur de cette boîte sont assez grandes (plusieurs dizaines de fois le diamètre d'une bille), mais son épaisseur excède à peine le diamètre des billes (une seule couche de billes sur l'épaisseur de la boîte). Quand cette cuve est mise en vibration, les grains se déplacent seulement dans un plan vertical, et les chocs sur les parois latérales sont relativement rares. Si l'agitation cesse, les billes se tassent sur le fond de la boîte en quelques secondes. Si l'on veut obtenir un «gaz de billes», c'est-à-dire un état d'agitation stationnaire, on doit maintenir la boîte en vibrations en lui conférant des accélérations notables. De cette façon, de l'énergie est fournie en permanence au système, qui la dissipe lors des collisions inélastiques entre billes. Nous avons observé ce type de régime stationnaire à l'aide d'une caméra rapide, qui enregistre 2 000 images par seconde.

Ensuite, nous avons traité par ordinateur les innombrables données obtenues. Ainsi, nous avons reconstitué les vitesses successives de chaque bille (de l'ordre de un mètre par seconde) d'après des photographies successives des différentes positions, puis nous les avons ordonnées par classes de vitesses. Ces quelque 100 000 mesures ont livré la loi de distribution des vitesses des billes dans un gaz de billes. Nous avons répété l'expérience et les calculs pour différentes accélérations, diverses densités de grains et plusieurs formes de boîte.

Tous ces résultats montrent que, comme pour un gaz, la fonction de distribution des vitesses d'un gaz de billes ne dépend que de la température granulaire. La loi de distribution des vitesses que nous avons établie ne diffère de la loi de Maxwell-Boltzmann que



Trajectoires de quelques billes, observées dans la cuve soumise à des vibrations. Les disques de couleur représentent les positions successives des centres des billes.

par deux exposants, ce qui lui donne une forme plus large qu'une distribution gaussienne. Elle n'est probablement valable que pour le régime «collisionnel» à forte énergie cinétique que nous avons étudié, et devrait être différente si les conditions changent trop.

Jusqu'où peut-on pousser l'analogie entre un gaz et un gaz de billes? Manifestement, le gaz granulaire en vibration que nous avons créé est proche d'un gaz moléculaire. La température granulaire décrit correctement l'agitation du milieu. Dès lors, peut-on considérer un milieu granulaire comme un milieu continu, avec une «température» et une «pression»? Pour le savoir, nous avons utilisé un modèle

théorique de la cuve à billes, qui reproduit la conduction de la chaleur comme si le milieu était un gaz, et qui tient compte la dissipation d'énergie dans les collisions inélastiques. Nous avons constaté que ce modèle reproduit les profils expérimentaux de température et de densité dans la cuve, de sorte qu'une équation d'état, cousine de la loi des gaz parfaits, relie la pression, la température et la densité.

Restent diverses questions, notamment comment tendre vers la limite élastique, celle où la loi de Maxwell-Boltzmann s'applique de façon exacte? Nous reproduisons actuellement l'expérience en utilisant des sphères d'élasticité variable. Nous espérons ainsi décou-

vrir quelle configuration donne une distribution des vitesses de billes la plus proche de celle de Maxwell-Boltzmann. Quand cela sera fait, nous aurons découvert les gaz de billes les moins dissipatifs possibles.

Dans l'industrie, les gaz de billes sont couramment utilisés pour grenailier des pièces : en les bombardant de minuscules billes d'acier, on les débarrasse de la majeure partie de la fatigue mécanique accumulée. Nous espérons que notre modèle aidera les ingénieurs à mieux maîtriser les conditions qui règnent au sein de leur machines à grenailier.

Florence ROUYER et Narayanan MENON, Université d'Amherst, Massachusetts

Les marchés ruraux

Depuis une dizaine d'années seulement, les villageois nigériens participent à la récolte, à la gestion et à la vente de leurs ressources forestières.

Jusqu'au début des années 1990, au Niger, l'exploitation forestière était aux mains des camionneurs qui débarquaient dans la brousse pour couper du bois qu'ils vendaient ensuite à la ville pour un usage domestique. Les villageois ne pouvaient s'opposer à ce trafic : ils regardaient partir le chargement et n'avaient pas leur mot à dire. Les anciennes législations ne permettaient pas non plus aux représentants de l'État de s'opposer à ces prélèvements. Cette exploitation anarchique a entraîné un appauvrissement des formations boisées.

Jusqu'au jour où, prenant conscience de cet état de fait, mais aussi, dans certains cas, de l'exode massif des villageois vers les pays côtiers plus riches et de la désertification qui s'ensuivait, le gouvernement a décidé de changer les règles du jeu. Ainsi, depuis le début des années 1990, le gouvernement nigérien, assisté du CIRAD-Forêt, a mis en place une nouvelle politique forestière, la Stratégie énergie domestique, dont l'instrument a été le Projet Énergie II. Il s'agit de rendre aux villageois la gestion des ressources forestières de leur territoire. L'État, initialement propriétaire de tous les espaces naturels du pays, mais incapable d'en contrôler l'utilisation, a décidé d'en confier la gestion aux villages riverains.

Aujourd'hui, les villageois qui en ont fait la demande ont instauré leurs propres structures de production (les

marchés ruraux de bois-énergie), qui sont dirigés par une structure locale de gestion composée d'un président, d'un secrétaire et de divers représentants de communautés telles celle des bûcherons, des agriculteurs ou des pasteurs. Tous sont élus. Cette structure locale de gestion fixe les prix de vente, organise la production et gère les ressources à long terme.

Autour de Niamey, selon les villages, on trouve des marchés dits orientés, où le territoire exploité et la quantité de bois prélevé sont limités. On trouve aussi des marchés, dits contrôlés, où, en plus, l'exploitation suit une rotation par parcelle. Le village accède ainsi à une véritable gestion forestière.

Les 500 000 mètres cubes de bois que consomme la ville de Niamey pour ses besoins énergétiques sont achetés environ 1 500 francs CFA (un franc français vaut 100 francs CFA) pour être vendues environ 5 000 francs CFA en ville. Les gestionnaires des marchés ruraux prélèvent, pour le compte de l'État, des taxes sur le bois vendu.

Toutefois, la majeure partie des recettes reste au village, qui, par l'intermédiaire d'une caisse commune, redistribue cet argent aux bûcherons (chaque famille a son bûcheron), et en épargne une partie pour différents projets. Ainsi, les villages construisent des écoles ou encore des cases de santé. Par ce biais, des associations de femmes disposent de quelques capitaux.

Les villageois ont appris à respecter certaines règles, telles que la zone d'exploitation délimitée par le conseil du village, le diamètre minimal des arbres à couper, la hauteur de



Loïc Mangin

coupe minimale ; la taille a lieu durant des saisons définies afin de laisser aux arbres le temps de se régénérer ; on épargne les espèces rares ou menacées ; on stocke du bois pour répondre en permanence à la demande...

Ainsi, les marchés ruraux sont une source de revenus, mais ont aussi des conséquences sur les forêts, car les villageois, responsabilisés, veillent à la pérennité de leurs forêts. Fort de ses succès au Niger, le CIRAD-Forêt et ses partenaires accompagnent également des projets similaires au Mali et dans d'autres pays d'Afrique.



Les bûcherons du village ont coupé et transporté le bois à usage domestique qu'ils vendent sur les marchés ruraux.

PUBLICITÉ

UN NOUVEL OUVRAGE SUR LA CONJECTURE DE GOLDBACH ET LES NOMBRES PREMIERS JUMEAUX

SOMMAIRE :

Conjecture de Goldbach et récurrence : une affinité essentielle

1°. Les restes de la division de tout nombre premier par les premiers qui lui sont inférieurs sont différents de 0 : on dira que 0 est une valeur interdite (sigle vi).

Plus généralement, on définit des nombres à $(1vi ; P_n)$: ce sont les entiers dont les restes par chacun des premiers successifs P_1 à P_n ne peuvent prendre une certaine valeur. Ex. : les nombres à $(1vi ; 3)$ forment la suite 3, 5, 9, 11, 15, 17 ... si la vi des restes par 2 est 0 et si la vi des restes par 3 est 1.

On a la formule de récurrence :

$$E_{\max i}(1vi ; P_n) = E_{\max i}(1vi ; P_{n-1}) + E_{\text{moy}}(1vi ; P_{n-1})$$

ces $E_{\max i}$ et E_{moy} étant les écarts maxi et moyen entre les nombres à $(1vi ; P_n)$ ou à $(1vi ; P_{n-1})$. Cette formule est statistique.

2°. On définit, de façon analogue, les nombres à $(2vi ; P_n)$ pour lesquels on impose 1vi pour leurs restes par 2 et 2vi pour leurs restes par P_2 à P_n . Exemple : les nombres à $(2vi ; 3)$ forment la suite 2, 8, 14, 20 ... si la vi des restes par 2 est 1 et les vi des restes par 3 sont 0 et 1.

On a alors statistiquement :

$$E_{\max i}(2vi ; P_n) = E_{\max i}(2vi ; P_{n-1}) + 2E_{\text{moy}}(2vi ; P_{n-1})$$

$$E_{\max i}(1vi ; P_n) < E_{\max i}(2vi ; P_n) < P_n^2 \quad [1]$$

Vous voulez enfin savoir pourquoi tout nombre pair est la somme de deux premiers :

3°. Soit N pair avec $P_n^2 < N < P_{n+1}^2$

Si N est la somme de deux premiers $p_1 ; p_2$, ceux-ci sont les nombres appartenant soit à une suite à $(2vi ; P_n)$, soit à une suite à $(1 à 2vi ; P_n)$ dont les vi sont dictées par N.

Puisque tout écart entre termes de telles suites est inférieur à P_n^2 , il existe au moins un nombre p_i de la suite, compris entre 0 et P_n^2 . Le couple $(p_i ; N - p_i)$ est solution.

Jusqu'à présent on a seulement constaté que tous les nombres pairs examinés étaient la différence de deux nombres premiers

4°. On déduit de [1] que tout nombre pair est la différence de deux nombres premiers (infinité de solutions). En effet : soit P_m premier supérieur à P_{n+1}^2 . On peut toujours déterminer un nombre illimité d'intervalles allant chacun de $(P_{m+1}^2 - P_m^2)$ à P_{m+1}^2 , d'amplitude P_m^2 , tels que $(P_{m+1}^2 - P_m^2)$ soit supérieur à P_{n+1}^2 , ces intervalles ne se chevauchant pas. Il existe dans chacun de ceux-ci un nombre p_i à $(2vi ; P_m)$ qui est premier de même que $(N - p_i)$. La valeur de N dicte ces vi.

D'autres verrous s'ouvrent

Conséquences de ce qui précède :

- Le plus petit nombre pair, 2, est la différence de 2 nombres premiers (infinité de solutions) : il existe des couples de nombres premiers jumeaux d'un ordre de grandeur quelconque.

- Tout nombre pair est la somme algébrique de premiers autres que 2, cette somme comportant un nombre pair de termes.

- Tout nombre impair est la somme algébrique de premiers autres que 2, avec un nombre impair de termes. Tout nombre impair est la somme de 3 premiers.

Reproduction du texte interdite - Protection par plis Soleau.

Ecrire : ROCHERY Marc,

10 Route De Villerach 66500 Los Masos Tél. : 04-68-96-23-95

Les mimiques des chanteurs d'opéra

Les contraintes de production vocale auxquelles sont soumis les chanteurs d'opéra influent sur l'expression des émotions.

Comment les chanteurs d'opéra parviennent-ils à concilier les mimiques fonctionnelles indispensables à l'émission vocale et les mimiques expressives destinées à traduire les émotions qu'ils doivent transmettre au public? Est-ce la mimique ou la voix qui véhicule le mieux les émotions? Une expérimentation-pilote nous a permis d'évaluer le rôle respectif de la voix et de la mimique dans la perception des émotions produites par une soprano professionnelle et de préciser comment le spectateur les décode.

La soprano retenue pour cette étude est à la fois chanteuse et comédienne. Nous l'avons filmée pendant qu'elle émettait la voyelle a parlée, puis chantée, dans le grave et dans l'aigu, en exprimant successivement la joie, la tristesse, la peur et la colère. Nous avons sélectionné les meilleures séquences, photographié la partie la plus caractéristique de la mimique et enregistré le son correspondant sur magnétophone pour obtenir des clichés photographiques et des séquences sonores. Nous avons ensuite fait passer trois séries de tests à 40 sujets qui devaient d'abord juger les photographies, puis les séquences sonores et enfin les photographies associées aux séquences sonores correspondantes.

Afin de déterminer l'indice de prégnance (évaluation de la partie dominante du visage), nous avons coupé transversalement, à la hauteur du nez, les photographies de la soprano pendant qu'elle exprimait la joie et la tristesse en voix parlée. Les montages obtenus par commutation de la partie inférieure du visage exprimant la joie avec la partie supérieure du visage exprimant la tristesse, et *vice-versa*, ont permis de déterminer la partie prégnante de son visage. Nous avons procédé de la même façon pour la peur et la colère. Chez cette chanteuse, l'indice de prégnance est mixte : c'est le haut du visage qui domine pour la peur et la colère, tandis que le bas domine pour la joie et la tristesse.

Les tests perceptifs montrent que les émotions exprimées dans la parole sont mieux identifiées que celles

exprimées dans le chant. En outre, si la mimique joue un rôle important, la voix véhicule assez mal les informations relatives aux émotions ; quant à la voix associée à la mimique, elle améliore légèrement la reconnaissance des émotions dans la parole, mais se révèle peu efficace dans le chant, où les indices acoustiques qui traduisent les émotions sont partiellement détruits par les contraintes phonatoires, et n'apportent pas d'informations complémentaires.

En ce qui concerne l'aspect visuel de cette étude, la reconnaissance des émotions dans le chant est fortement liée aux registres (grave ou aigu). Lorsqu'à l'intérieur d'un même registre, on commute la joie avec la tristesse, les sujets testés estiment que c'est le bas du visage qui domine dans la parole (54 pour cent pour le bas contre 32 pour cent pour le haut) ; le résultat est moins net dans le chant (37 pour cent pour le bas et 32 pour cent pour le haut). Les écarts entre le haut et le bas du visage se réduisent progressivement du grave à l'aigu, parce que, dans la mesure où les informations concernant l'émotion expri-

mée sont de moins en moins faciles à percevoir, on utilise tous les indices disponibles, qu'ils soient situés dans la partie supérieure ou inférieure du visage.

Quant à l'évaluation de l'intensité émotionnelle, la comparaison des émotions exprimées dans les registres grave et aigu montre que le grave est jugé plus expressif. Ceci tient au fait que la totalité de la musculature faciale étant mobilisée pour l'émission de l'aigu, l'expression des émotions est en grande partie sacrifiée dans ce registre. Toutefois, l'aigu est estimé plus expressif pour la joie, la tristesse et la peur, parce que l'ouverture buccale très importante donne l'impression d'une émotion plus intense, alors que, réduite dans le grave, elle correspond mieux à la colère, émotion caractérisée par le « serrage » des dents.

Enfin, pour ce qui est de l'aspect auditif, la tristesse est l'émotion la mieux identifiée, sauf dans l'aigu où elle a été interprétée comme de la joie. En raison de l'existence de stéréotypes émotionnels, la joie est associée à l'aigu et la tristesse au grave, ce qui explique que la tristesse ne soit pas

reconnue dans l'aigu et que la joie soit mal reconnue dans le grave.

En résumé, dans le chant, l'identification des émotions ou l'évaluation de leur intensité est influencée par des phénomènes parasites liés à leurs conditions extrêmes de production. Alors que, dans la parole, la reconnaissance des émotions n'est soumise à aucune contrainte de production, dans le chant, ces contraintes sont très importantes et se manifestent au niveau du visage par des mimiques spécifiques qui viennent interférer avec l'expression des émotions. De ce fait, les émotions ne sont correctement identifiées que lorsque mimique fonctionnelle et mimique expressive sont compatibles. Dans les autres cas, c'est toujours la mimique fonctionnelle qui prend le pas sur la mimique expressive car, même lorsqu'il est un excellent comédien, le chanteur d'opéra ne peut pas prendre le risque de mettre en péril la qualité du son qu'il émet au profit de l'expression d'une émotion ou d'un sentiment.

Nicole SCOTTO DI CARLO et
Isabelle GUAITELLA – CNRS UMR 6057



Les chanteurs d'opéra doivent concilier les contraintes liées à l'émission vocale et les émotions qu'ils veulent transmettre aux spectateurs. En permutant la partie inférieure du visage qui exprime la joie (a) avec la partie inférieure de celui qui exprime la tristesse (b), on obtient des visages mixés où le haut du visage joyeux est associé au bas du visage triste (c) et inversement (d). On a soumis ces photographies à des sujets qui doivent juger si la soprano paraît triste ou joyeuse. Leurs réponses permettent de déterminer la partie dominante de son visage. Pour savoir comment les sujets évaluent l'intensité des émotions, on leur deman-

de de choisir le visage le plus expressif entre deux photographies réelles dont chacune représente la même émotion (la joie) exprimée dans le grave (e) et l'aigu (f), et entre deux photographies mixées dont les visages sont constitués de deux moitiés, où le haut correspond à une émotion exprimée dans le registre grave et le bas à la même émotion dans le registre aigu (ou inversement). Ainsi, sur la photographie g, le haut exprime la peur dans le grave et le bas la peur dans l'aigu (inversement pour h). Les émotions sont jugées plus intenses lorsque la bouche est grande ouverte (g est estimé plus expressif que h).