

Les divas donnent le *la*

Les sopranos sont plus gênées que les basses par la hausse du diapason.

Le diapason sur lequel les musiciens accordent leur instrument donne la fréquence du *la* de référence, le *la*₃. Sa hauteur a notablement varié au cours des siècles : de 404 hertz sous Louis XIV et Louis XV, le diapason est passé à 423 hertz sous Napoléon I^{er}, pour fluctuer entre 446 et 457 sous le Second Empire. La hauteur du diapason a non seulement varié dans le temps, mais aussi dans l'espace, puisque jusqu'au milieu du XIX^e siècle, 17 diapasons étaient en usage dans les grandes villes d'Europe, ce qui obligeait les artistes lyriques à chanter la même œuvre à des hauteurs différentes selon qu'ils se produisaient à Paris ou à Vienne.

Pour essayer de remédier à cet état de fait, le directeur du Conservatoire de Paris tente, en 1812, d'imposer un diapason dont la hauteur correspond à la moyenne entre les divers *la* relevés dans la capitale, mais il faudra attendre 1858 pour qu'une commission ministérielle soit nommée. La commission Lissajous-Halévy entreprend une enquête internationale qui révèle un écart de plus d'un ton entre les différents diapasons européens : on joue plus bas à Londres (434 hertz) qu'à Bruxelles (445 hertz). La commission fixe le diapason à 435 hertz à la température de 18 °C.

En 1859, un arrêté ministériel ratifie cette décision en France, et un diapason-étalon est déposé au Conservatoire national des arts et métiers. En 1939, une commission internationale réunie à Londres fixe la hauteur du diapason à 440 hertz à 20 °C, mais cette décision, qui reste sans effet en raison de la guerre, ne sera entérinée qu'en 1975.

Ce sont les sopranos qui se plaignent surtout de la montée constante du dia-

pason, et parmi elles Maria Callas, Renata Tebaldi et Montserrat Caballé. En 1987, cette dernière confiait : « Je me souviens que je chantais à Florence, en 1975, *Le Trouvère* sous la direction de Thomas Schippers. L'orchestre finissait à 446 ! Là, je me suis plainte : j'ai été trouver le Maestro et je lui ai dit que je ne voulais pas chanter Leonora à cette hauteur et pousser ma voix dans une tessiture anormale et inhumaine. »

Gêne réelle ou caprice de diva ? Les acousticiens de la musique sourient depuis toujours aux doléances des cantatrices lorsqu'elles prétendent que la montée du diapason sur des intervalles musicaux aussi infimes qu'un comma les fatigue ou compromet leur santé vocale : c'est parce qu'ils abordent la question du point de vue de la perception auditive uniquement, et non de la production des sons (le comma est le plus petit intervalle musical discernable). Nous avons voulu savoir ce qui se passe du point de vue physiologique.

Pour cela, nous avons utilisé un programme de simulation des vibrations des cordes vocales élaboré par Daniel John Hirst, de l'URA 261 CNRS, qui permet de calculer le nombre total de vibrations des cordes vocales pour les différentes hauteurs de diapason, en fonction de la fréquence et de la durée de chaque note d'un morceau. Nous avons constaté que si un écart d'un comma entre le diapason officiel et le diapason d'orchestre

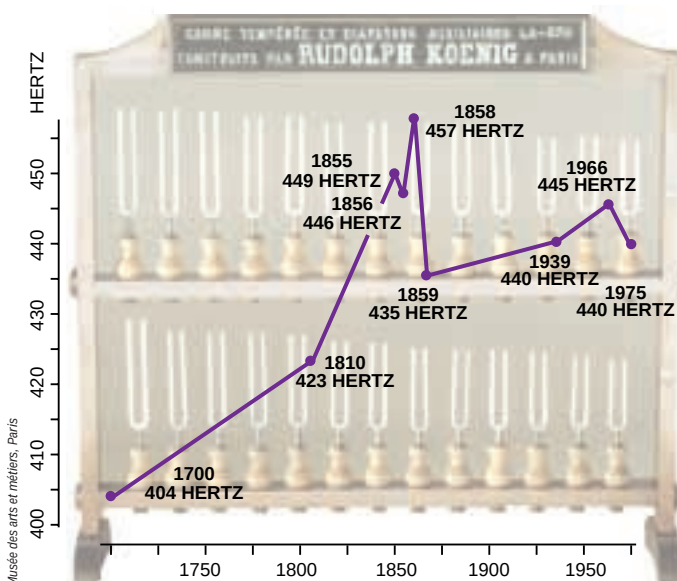
est négligeable sur le plan de la perception, il n'en est pas de même sur le plan de la production.

Pour les voix masculines qui sont situées dans la partie inférieure de l'échelle sonore, la différence entre le nombre de vibrations par seconde des cordes vocales est minime pour les deux diapasons, mais ce n'est pas le cas pour les voix féminines. Ainsi, par exemple, lorsque le diapason est à 445 hertz, les cordes vocales d'une basse vibrent en moyenne 41 fois de plus pour l'ensemble de sa tessiture, c'est-à-dire pour l'ensemble des notes qu'il peut chanter du grave à l'aigu, que lorsque le diapason est à 440 hertz, tandis que les cordes vocales d'une soprano vibrent 160 fois de plus.

Les sopranos légers coloratures qui ont les voix les plus aiguës sont davantage concernées par ce phénomène. Ainsi, aujourd'hui, dans *La Flûte enchantée* de Mozart, la Reine de la Nuit doit émettre des « contre-*fa* » périlleux, puisqu'avec le diapason d'orchestre, ils sont à 1 413 hertz, alors qu'au moment de la création de l'ouvrage, en 1791, le diapason était à 404 hertz, et le contre-*fa* à 1 283 hertz. Par conséquent, entre le contre-*fa* de l'époque de Mozart et celui d'aujourd'hui, il y a une différence de sept huitièmes de ton sur le plan de la perception et de 130 hertz sur le plan de la production. Autrement dit, les cordes vocales des chanteuses actuelles qui émettent les contre-*fa* de la Reine de la Nuit vibrent 130 fois de plus en une seconde. Étant donné que les chanteuses tiennent généralement cette note une dizaine de secondes, cela représente 1 300 vibrations de plus pour la durée totale du contre-*fa*.

L'évaluation théorique de la fatigue vocale des chanteurs en fonction de la montée du diapason réalisée grâce à notre programme devra être complétée par une étude physiologique qui mettra définitivement un terme à la querelle qui oppose les divas et les acousticiens depuis des lustres.

Nicole SCOTTO DI CARLO –
Laboratoire Parole et
Langage – URA 261 – CNRS



Variations de la hauteur du diapason au cours des siècles.

Des éponges à fibres optiques

**Leurs «épines»
captent la lumière.**

On ne reconnaît aux éponges qu'une seule activité, celle qui consiste à filtrer l'eau qui les traverse pour en capter les substances nutritives. R. Cattaneo-Vietti et ses collègues de l'Université de Gênes ont montré qu'une éponge de l'Antarctique utilise ses spicules de silice pour capter la lumière solaire et en faire bénéficier une algue avec qui elle vit en symbiose.

Rossella racovitzæ est une éponge dotée d'une charpente robuste constituée de baguettes de silice qui font saillie, tels des piquants de hérisson. Certains ont la forme d'une épine lisse, d'autres sont ramifiés à leur extrémité. Ces spicules découragent les prédateurs, mais ils servent aussi aux éponges à s'adapter à leur environnement. Les extrémités des spicules de certaines éponges, telle *Rossella antarctica*, servent d'ancre : elles s'accrochent dans le sable ou dans les sédiments, de sorte que l'éponge résiste aux courants.

Rossella racovitzæ vit dans les eaux froides et obscures de l'Antarctique, à 120 mètres de profondeur dans la mer de Ross. On a observé que des algues brunes (des diatomées) adhèrent à la base de ses spicules. Les symbioses entre éponges et bactéries sont très fréquentes, mais celles entre éponges et algues sont rares. Quand une telle symbiose



Éponge dont les spicules canalisent la lumière.

existe, les algues sont des espèces microscopiques unicellulaires ou filamenteuses qui adhèrent à des éponges vivant dans les eaux chaudes des mers tropicales, à proximité de la surface. Comment l'algue symbiotique de *Rossella racovitzæ* survit-elle en eau profonde ?

Les chercheurs italiens ont prélevé sur une éponge *Rossella racovitzæ* des spicules longs de dix centimètres. Après les avoir courbés, ils ont suivi la transmission d'un rayon laser émis sous différents angles d'incidence : comme dans une fibre optique, l'intensité lumineuse est transmise quasi intégralement à l'autre extrémité du spicule quand la source lumineuse est perpendiculaire à l'entrée, c'est-à-dire perpendiculaire à la croix qui le termine. En outre, cette croix semble canaliser l'énergie lumineuse : en son absence, moins du tiers de l'intensité lumineuse incidente est transmise. Ces spicules transmettraient à l'éponge et à son algue symbiotique l'énergie lumineuse nécessaire à leur survie. Les fibres optiques ont-elles été découvertes par une éponge, il y a quelques centaines de millions d'années ?

Marie-Thérèse LANDOUSY

BRÈVES

Barrage et poissons

Le remplissage de la retenue du barrage hydroélectrique de Petit-Saut, sur le fleuve Sinnamary en Guyane, inonde près de 350 kilomètres carrés de forêt tropicale depuis juin 1995. Selon Bernard de Mérona, de l'ORSTOM, les poissons n'ont, pour l'instant, pas trop souffert des perturbations hydrologiques. En aval, il y a au total autant de poissons qu'auparavant. Toutefois, 12 des 20 espèces les plus abondantes se sont raréfiées. Dans le lac, les captures sont trois à quatre fois plus nombreuses que dans la rivière, et neuf espèces dominent, en alternance, le peuplement.



B. de Mérona/ORSTOM

Solutions d'avenir

Pour dissoudre des hydrocarbures dans l'eau, on ajoute du savon, longues chaînes moléculaires dont chaque extrémité se lie soit à l'eau soit aux hydrocarbures. Le savon qui forme un «pont» entre les deux phases solubilise les hydrocarbures. Des chimistes italiens et américains ont synthétisé une famille de molécules analogues au savon qui permettent de dissoudre des produits organiques dans le dioxyde de carbone liquide. Celui-ci, abondant, facile à manipuler et inerte, pourrait donc remplacer de nombreux solvants organiques et halogénés, toxiques, utilisés dans l'industrie.

Vivre avec le virus Ebola

Aucune personne infectée par le virus Ebola ne semblait survivre. Pourtant des analyses de sang réalisées par une équipe de l'ORSTOM sur 200 pygmées vivant dans des campements forestiers en République centrafricaine ont révélé la présence d'anticorps anti-Ebola dans un cinquième de cette population. Ainsi ces personnes ont été contaminées par un virus Ebola qui est inoffensif, contrairement aux virus très pathogènes qui ont déclenché des épidémies au Zaïre. Les pygmées, qui vivent dans la forêt tropicale humide, ont plus souvent des anticorps anti-Ebola que les villageois habitant à la lisière de la forêt.

Suite page 26

Avortement régulateur

**En Roumanie, la pyramide
des âges est modelée par
les mesures anti-avortement.**

En Roumanie, comme dans la plupart des pays d'Europe centrale et orientale depuis la Seconde Guerre mondiale, l'avortement est le principal mode de régulation des naissances. En 1997, le planning familial et les moyens modernes de contraception y sont encore peu utilisés. Les évolutions de la législation concernant l'avortement ont donc des conséquences directes sur la natalité. La pyramide des âges établie par Cornelia Muresan, de l'Université de Cluj, d'après les chiffres du recensement de 1992 montre que les irrégularités sur les 50 dernières années suivent l'assouplissement

et le durcissement de la réglementation de l'avortement.

Selon le Code pénal promulgué en 1948 par le nouveau régime communiste, l'avortement est un délit. Cette position est toutefois progressivement assouplie : en 1955, un décret annule le caractère délictueux si l'intervention est pratiquée par un médecin et pour certaines catégories de grossesses à risques ; en 1957, l'avortement devient autorisé sans conditions sur simple demande. Pendant les dix années suivantes, la natalité baisse régulièrement.

La situation change brusquement en 1966 : l'avortement est à nouveau presque totalement interdit. L'effet de surprise est complet : la fécondité double entre 1966 et 1967. Le succès de ces mesures natalistes se maintient l'année suivante. Cette interdiction marque le début d'une période volontariste, où le

L'homme-éléphant

Joseph Carrey Merrick, l'homme-éléphant de l'époque victorienne, que David Lynch a immortalisé dans un film, ne serait probablement pas atteint de

neurofibromatose, une maladie génétique rare dont cette hypertrophie crânienne aurait été le symptôme. Des radiologues de l'hôpital royal de Londres, où sont conservés les os de Merrick, ont montré qu'il

aurait souffert d'une maladie plus rare encore, le syndrome de Protée. Des radiographies et des tomographies aux rayons X du crâne de Merrick ont révélé un épaississement de certains os crâniens, caractéristiques de cette maladie non-héréditaire, due à un dysfonctionnement de la croissance cellulaire.



Radiological Society of North America

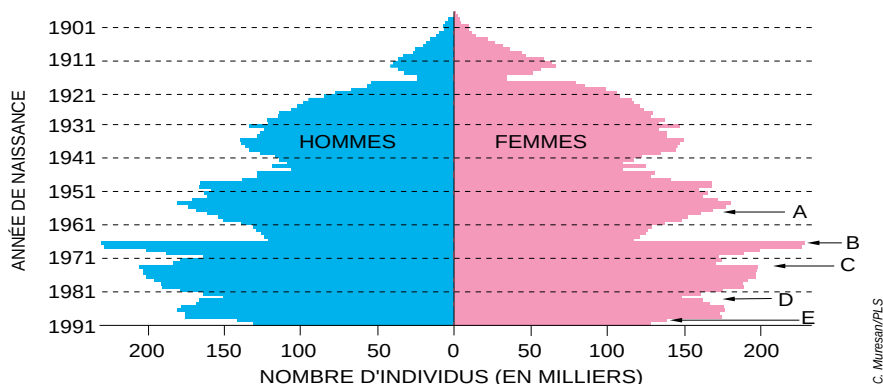
Stress et Guerre du Golfe

Pendant la Guerre du Golfe, les soldats américains recevaient un traitement préventif contre les effets des gaz neurotoxiques. On a alors constaté une augmentation des maux de tête, des insomnies, des troubles de l'attention, qui indiquaient que le médicament traversait la barrière, quasi imperméable, qui protège le cerveau. Ainsi la perméabilité de cette barrière augmentait chez les soldats soumis au stress du combat. Cette nouvelle propriété pourrait être utilisée pour faire pénétrer des molécules thérapeutiques dans le cerveau, dans des conditions de stress, mais... en temps de paix.

L'entendement de l'enfant

Les bébés utilisent les régularités statistiques du langage pour distinguer les mots à l'intérieur des phrases. Jenny Saffran et ses collègues, de l'Université de Rochester, ont fait entendre à un groupe d'enfants de huit mois, pendant deux minutes, des suites de syllabes dénuées de sens, sans accentuation ni rythme, contenant des «mots» de trois syllabes répétés plusieurs fois dans des ordres différents. Immédiatement après, les bébés distinguent les mots des autres enchaînements de trois syllabes moins fréquents, tels ceux formés par la fin d'un mot et le début d'un autre.

Suite page 28



Les irrégularités de la pyramide des âges de Roumanie en 1992 proviennent des fluctuations de la législation sur l'avortement, moyen quasi exclusif de régulation des naissances. Autorisé à partir de 1957 (A), l'avortement est brusquement interdit en 1965 (B). L'application de cette interdiction est renforcée en 1973 (C) et en 1984 (D). Il redevient légal en 1989 (E).

gouvernement tente de maintenir la natalité à des valeurs élevées. La même année, un impôt est institué sur les célibataires et les couples sans enfants, et le divorce est interdit.

La natalité recommence malgré tout à diminuer dès 1969, ce qui conduit le gouvernement à renforcer les contrôles sur l'application de la loi en 1973. La fécondité des roumaines augmente à nouveau, mais pendant moins de dix ans : en 1983, il ne naît plus que 2,06 enfants par femme, moins que le seuil de renouvellement des générations de 2,1 enfants par femme. La tendance est à nouveau inversée à partir de 1984 par un renforcement supplémentaire des contrôles sur l'application de la loi et une pression accrue sur les responsables de la santé.

À partir de 1990, le recours à l'avortement, de nouveau autorisé sans conditions, redevient massif. La chute de la fécondité est sans précédent : 1,44 enfant par femme en 1993.

Pendant toute cette période, le rapport du nombre d'avortements à celui des naissances a été élevé. Entre 1960 et 1965, il est passé de 2,2 à 4. Entre 1967 et 1989, alors que l'avortement était illégal, les estimations en comptent entre 0,4 et 1,4 pour une naissance, mais le nombre de décès de femmes consécutifs à un avortement laisse penser qu'il est supérieur. En 1990 et 1991, après la chute du régime communiste, on compte trois avortements pour une naissance. Aujourd'hui, ce chiffre diminue lentement.

L'oiseau danseur

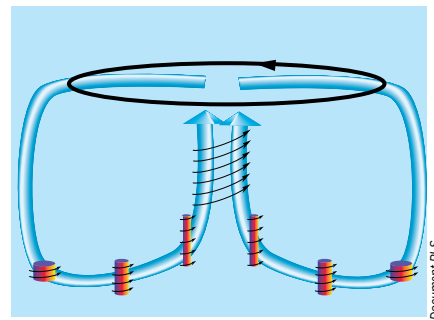
Pour se nourrir, le phalarope tourne comme une ballerine.

Le phalarope, oiseau marin des rivages arctiques qui ressemble à une petite mouette, fait preuve d'une adaptation étonnante : incapable de plonger, il crée un tourbillon par des battements de pattes, mouvements qui aspirent à la surface les insectes et les petites crevettes dont il se repaît.

Au département de biologie de l'Université de Californie, William Hamner et ses collègues ont étudié les mouvements de cet oiseau derviche. Chaque rotation dure une seconde et nécessite sept ou huit battements de pattes. Alors que son corps a un mouvement de rotation continu, sa tête tourne de manière saccadée, comme la tête d'une ballerine, par angles de 45 degrés. Entre deux rotations, l'oiseau scrute l'eau à la recherche

des proies que son ballet nautique remonte à la surface. En moins d'une demi-seconde, il s'en saisit et les avale. L'oiseau donne ainsi jusqu'à 180 coups de bec par minute.

Quelle est la nature des mouvements hydrodynamiques qui remontent les proies ? Les battements rapides expulsent



Des tourbillons, créés par les battements de pattes, sont entraînés dans le flot dû au remplacement de l'eau de surface. Ces tourbillons s'étirent et agissent comme des pompes aspirantes.