

cès parce que le système ne cesse d'émettre des signaux. Pour que la transmission assurée par la dopamine soit spécifique, elle doit être limitée dans le temps et dans l'espace. Normalement, après avoir agi sur les neurones postsynaptiques, la dopamine est recaptée par les neurones d'origine (elle est aussi un peu dégradée par des enzymes présentes dans la fente synaptique, l'espace qui sépare neurones présynaptiques et neurones postsynaptiques). La recapture est assurée par des transporteurs, des molécules transmembranaires localisées sur le neurone présynaptique.

Dans le modèle de B. Giros, les transporteurs ne sont pas fabriqués, de sorte que la recapture de la dopamine n'a pas lieu. On constate que les animaux ont une activité locomotrice anormalement élevée : les souris sont cinq à six fois plus actives que les souris témoins (on enregistre le nombre d'allées et venues des souris dans leur cage au moyen de deux cellules photoélectriques, placées selon les deux axes de la cage).

LA SUPPRESSION DU TRANSPORTEUR

Pourquoi une telle hyperactivité ? La dopamine, qui n'est pas recaptée par le neurone présynaptique, agit en permanence sur les neurones postsynaptiques, activant sans cesse le système. Le système nerveux tente de pallier cet excès de dopamine : les neurones présynaptiques libèrent moins de dopamine et le nombre de récepteurs postsynaptiques, sur lesquels agit la dopamine, diminue notablement. Bien que la production de dopamine et que l'efficacité de la transmission diminuent, le système est hyperstimulé : la dopamine reste 100 fois plus longtemps dans la fente synaptique que chez les témoins.

De surcroît, on constate que les souris qui n'ont pas de transporteur de la dopamine sont insensibles à la cocaïne. Normalement, cette drogue agit par l'intermédiaire du transporteur de la dopamine : elle augmente les concentrations en dopamine dans les synapses en se liant au transporteur, empêchant le neuromédiateur de s'y fixer, ce qui inhibe sa recapture. Chez les animaux transgéniques, la recapture est déjà inhibée, et la cible de la cocaïne n'existe pas : l'inhibition du transporteur de la dopamine a les mêmes conséquences que l'administration de cocaïne.

Ces animaux permettront aux neuropharmacologues de préciser les mécanismes liés à la dépendance et de mieux comprendre la schizophrénie, puisque les patients qui en sont atteints ont un système dopaminergique hyperstimulé □

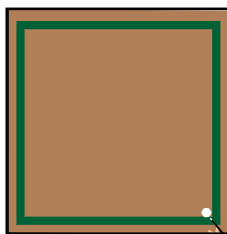
JEU-CONCOURS

N°22

BILLARDS DE MATHÉMATICIEN

Au billard, l'adresse des joueurs étant de plus en plus grande, on impose parfois de ne toucher la boule visée qu'après avoir fait une « bande », c'est-à-dire avoir ricoché

sur un côté du billard. Ce mois-ci, je vous propose d'étudier cette technique sur des billards de formes polygonales avec des boules idéales réduites à un point. Il n'est pas difficile de démontrer que sur un billard en triangle équilatéral, partant d'un sommet, on peut toucher n'importe quelle boule dans le triangle après une, deux ou trois bandes différentes sauf le centre du triangle avec une seule bande, car la boule « projectile » frappera la boule cible avant d'avoir effectué la bande imposée. Qu'en est-il sur un billard carré ? Plus précisément, partant d'un sommet, quelles sont, en pourcentage, les surfaces maxima du billard à l'intérieur desquelles on peut toucher une boule après une, deux, trois ou quatre bandes différentes ? Il est entendu que la boule cible ne doit être



touchée qu'après le nombre de bandes imposées et qu'une fois le sommet de départ, et la ou les bandes choisies, on ne peut en changer selon la position de la boule cible. Envoyez-nous vos réponses à ces quatre questions.

Si cela vous amuse vous pouvez étudier le même problème sur un billard hexagonal régulier avec réflexions sur une, deux ou trois bandes différentes. Naturellement on supposera une réflexion parfaite sur les côtés : l'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion par rapport à la normale au point de contact, et d'autre part une boule arrivant sur un sommet sera considérée comme non réfléchi.

Envoyez vos réponses aux questions sur carte postale à Pour la Science, 8, rue Férou, 75006 Paris. Parmi les réponses exactes reçues pendant le mois d'avril 1996, dix gagnants tirés au sort recevront le livre *Le calcul intensif*, Bibliothèque Pour la Science.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N°20

Aux symétries près par rapport aux diagonales de l'échiquier, le cavalier est dans une position perdante au coup suivant sur que sur les cases a1, b1 et b2 (en notation échiquéenne) la tour étant respectivement en b2, d3 et d4. Partant de cette constatation, la tour capture le cavalier en au plus trois coups sur l'échiquier 4 × 4, à savoir :

Ta3 – Cc2 – Ta4... prise au coup suivant.

Sur un échiquier 5 × 5 au plus quatre coups :

Ta4 – Cd3 – Tc4 – Cb2 – Td4
Ce5 – Td4
Cc1 – Tc3

Enfin sur l'échiquier 6 × 6, il faut au plus cinq coups :

Ta4 – Cd5 – Te4 – Cb6 – Td4
Cf6 – Te5
Cc3 – Td4 – Ca2 – Tc4
Ce2 – Tc4
Cb1 – Td3
Cb5 – Td3

Remarque : Sur un échiquier n × n, pour n supérieur à 7, on démontre que le cavalier peut toujours échapper à la tour.

La pollution radio

Quelle stratégie pour la radioastronomie du XXI^e siècle, face à la saturation du domaine hertzien ?

Associée à la plupart des découvertes récentes, la radioastronomie sera un atout majeur de l'astronomie du siècle prochain. Cependant, elle pourrait être condamnée par la croissance incontrôlée des moyens de télécommunication. Il est donc urgent que les radioastronomes s'inquiètent d'une nécessaire réglementation.

La plupart des corps célestes émettent en radio entre 10 mégahertz et 400 gigahertz. On détecte des raies spectrales, comme l'hydrogène neutre à une fréquence de 1 420 mégahertz (équivalente à une longueur d'onde de 21 centimètres) et du rayonnement continu. Dans le futur, la radioastronomie jouera un rôle d'autant plus important que certains phénomènes ne sont observables qu'aux grandes longueurs d'onde, telles la contraction des nuages proto-stellaires à très basse température, l'émission des objets compacts (pulsars, trous noirs), la chimie de nombreuses molécules et, pourquoi pas, les premières communications avec des civilisations extraterrestres.

Depuis quelques années, les services de télécommunication se développent et demandent qu'on leur attribue de nouvelles bandes de fréquence. Il en résulte une congestion du domaine hertzien, surtout dans la partie basse du spectre entre 10 mégahertz et 50 gigahertz, car cette gamme de fréquence offre de nombreux avantages : des antennes qui rayonnent une puissance importante dans un grand angle solide, des récepteurs peu

coûteux utilisant des techniques éprouvées et des réseaux bien implantés.

Lors de conférences mondiales bi-annuelles, l'Union internationale des télécommunications attribue et contrôle les services utilisateurs d'ondes radio. Les trois services passifs (radioastronomie, télédétection et recherche spatiale par satellite) sont menacés pour trois raisons.

Tout d'abord ils ne contrôlent pas la puissance des divers émetteurs naturels : océans, forêts, atmosphère, comètes, planètes, étoiles, galaxies ou trous noirs. Comme les signaux reçus sont très faibles, les radiotélescopes possèdent à la fois de grandes antennes et des récepteurs très sensibles. Ils sont donc vulnérables aux émissions artificielles : alors qu'en radioastronomie, on détecte des radiosources à un niveau 10 000 fois inférieur à celui du bruit de fond des récepteurs, pour les télécommunications le signal reçu est 100 fois supérieur au bruit de fond.

Ensuite, les radioastronomes ne contrôlent pas les fréquences de leurs émetteurs. Pour l'observation des raies spectrales, l'expansion de l'Univers décale vers le rouge toutes les longueurs d'onde. Ainsi, la raie de l'hydrogène peut s'observer entre 1420 mégahertz (sa fréquence au repos) et 320 mégahertz.

Enfin, les services scientifiques pèsent peu face aux puissants groupes de télécommunications. Comme toute ressource rare, le domaine hertzien est de plus en plus convoité et le «mégahertz» prend une valeur d'autant plus éle-

vée qu'il est à basse fréquence. Plusieurs administrations envisageraient même de taxer l'utilisation des bandes de fréquences, y compris pour les services passifs comme la radioastronomie...

VERS UNE STRATÉGIE GLOBALE

Aujourd'hui, les radioastronomes sont les seuls concernés, mais demain, la menace s'étendra aux astronomes du visible et de l'infrarouge. Aussi est-il nécessaire que les scientifiques se mobilisent pour défendre ce patrimoine naturel. La stratégie à suivre prendra en compte plusieurs aspects.

Contrairement aux autres services utilisateurs actifs du domaine hertzien, la radioastronomie ne possède pas de bureau des fréquences, indispensable pour étudier la compatibilité entre les bandes de fréquence utilisées par la radioastronomie et celles des autres services.

Même si les niveaux de puissance nuisibles définis en 1979 sont restés inchangés, alors que la sensibilité des observations s'est améliorée, les radioastronomes ne réclament pas leur redéfinition mais, au moins, le strict respect de ces limites.

Face à la montée des parasites de tous genres, la seule stratégie à l'échelon national est de protéger localement les stations de radioastronomie existantes (qui sont peu nombreuses) en établissant, autour d'elles, une zone de silence radio. Cela est difficile car un radar ou un émetteur de télévision peut perturber un radiotélescope dans un rayon de 50 kilomètres !

Les émetteurs artificiels peuvent se déplacer vers des fréquences plus élevées, y compris l'infrarouge et le visible pour des liaisons en dehors de l'atmosphère terrestre. Enfin, le câble blindé et surtout la fibre optique permettent de grands débits d'informations entre points fixes : ils économisent l'espace hertzien.

Les mesures de protection envisagées pour les sites actuels de radioastronomie ne respectent pas les besoins de la recherche et il faut trouver des sites qui permettront d'atteindre des sensibilités supérieures. La face cachée de la Lune serait un site idéal puisque l'absence d'ionosphère et d'atmosphère donne accès à tout le spectre radio entre 100 kilohertz et 400 gigahertz. Cependant, le coût d'une station lunaire est tel que l'on doit envisager des projets intermédiaires, comme l'installation d'une station terrestre dans une région isolée et non parasitée.

ÉRIC GÉRARD – ARPÈGES
Observatoire de Meudon



Le développement des zones habitées est mesuré par leur luminosité nocturne. L'explosion des télécommunications sature l'espace hertzien au détriment de la radioastronomie.

Vitamines : pas d'abus

La surconsommation d'oligo-éléments et de vitamines est néfaste.

Vous êtes fatigué ? Prenez des vitamines ! Malgré l'engouement pour les vitamines et les oligo-éléments, tels le fluor, le sélénium ou le zinc, ce conseil ne semble pas devoir être suivi. Jusqu'à présent, en France, les aliments ayant reçu un ajout de vitamines ou d'oligo-éléments étaient soumis à la réglementation des produits diététiques, mais avec les nouvelles réglementations européennes, ils risqueront d'échapper à tout contrôle. Les compléments alimentaires (pilules, gélules...) n'appartiennent en revanche aujourd'hui à aucune catégorie juridiquement définie. Existe-t-il un risque de surconsommation de vitamines et d'oligo-éléments ? Pour le savoir, les experts du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) ont analysé toutes les publications qui mentionnaient les accidents dus à une consommation excessive (aiguë ou chronique) de vitamines et d'oligo-éléments. Ils ont établi des limites à ne pas dépasser : elles ont été fixées à des valeurs dix fois inférieures aux plus petites doses déclenchant des effets toxiques.

Le zinc est l'un des métaux les moins toxiques. De nombreuses molécules biologiques (des enzymes et les protéines à doigt de zinc) en contiennent. Ainsi, une carence a des conséquences néfastes, et un apport de cet élément améliore l'état de certains patients. Toutefois une surconsommation risque d'entraîner des troubles digestifs et une anémie. En ce qui concerne le sélénium, les apports alimentaires semblent suffisants pour éviter tout risque de carence. Un déficit en fer, tout comme une surcharge sont dommageables. Certaines personnes risquent de présenter une carence : les jeunes femmes, les femmes enceintes et les jeunes enfants. C'est aux médecins qu'il appartient de normaliser leur concentration en fer. En revanche, d'autres patients souffrent d'hémochromatose : leur concentration sanguine en fer est supérieure à la normale, et tout apport complémentaire détériore leur état général.

Comme la plupart des oligo-éléments, les vitamines sont à la fois indispensables et toxiques à forte dose. La carence en vitamine A est un problème de santé

publique dans de nombreux pays en développement, où elle est responsable de cécité. En revanche, cette vitamine est consommée en quantité suffisante dans les pays industrialisés et tout excès risque d'être nocif. Des intoxications chroniques apparaissent après une absorption prolongée de fortes doses et se manifestent par des maux de tête, des nausées et des hémorragies. De surcroît, la vitamine A consommée par les femmes enceintes est tératogène : d'après une étude espagnole, le risque de malformations congénitales non chromosomiques est près de dix fois supérieur quand la mère a consommé de la vitamine A durant sa grossesse.

Contrairement aux autres vitamines, uniquement apportées par l'alimentation, la vitamine D est pour partie d'origine endogène. Un déficit favorise le rachitisme, mais un excès a des conséquences toxiques. La vitamine E est peu toxique, même à fortes doses. Les vitamines A, D ou E sont liposolubles (solubles dans les graisses), c'est-à-dire qu'elles restent stockées plus longtemps dans les tissus que les vitamines hydrosolubles, par exemple la thiamine, la vitamine B₆ ou l'acide folique ; ces dernières, rapidement métabolisées et excrétées, sont peu toxiques. Néanmoins, des doses élevées risquent de perturber divers métabolismes.

AJUSTER L'APPORT ALIMENTAIRE

La vitamine A est apportée par les produits laitiers, la E par les huiles végétales, le zinc par la viande et les crustacés, le sélénium par les végétaux et le fluor par les eaux de boisson. Aujourd'hui, déjà, le sel de cuisine est enrichi en iode et en fluor. En outre, les pâtes dentifrice, dont les enfants absorbent une fraction notable lorsqu'ils se brossent les dents, contiennent du fluor. De surcroît, sur certains aliments figure la mention «à teneur garantie en vitamines» : cela indique que des compléments ont été ajoutés pour restituer les concentrations en vitamines présentes dans l'aliment avant qu'il n'ait été congelé ou traité par la chaleur.

D'après le rapport du CSHPF, l'alimentation fournit, en France, suffisamment de vitamines et d'oligo-éléments à la population générale. Pourtant, les personnes défavorisées sont parfois carencées, et la question se pose : doit-on enrichir en oligo-éléments et en vitamines les aliments de grande consommation, le pain par exemple ? Les personnes carencées bénéficieraient de cette mesure, mais la population non carencée ne risque-t-elle pas d'absorber un excès de vitamines et d'oligo-éléments ? La question reste, comme celle de la fluoration des eaux, ouverte. □

Art et culture préhistorique

Il y a 14 000 ans, les populations des Pyrénées et du Nord de l'Espagne formaient un ensemble culturel homogène.

Qu'est-ce que la culture ? Les préhistoriens distinguent les populations, dans l'espace et dans le temps, d'abord sur la base des techniques qu'elles utilisaient pour tailler le silex : les outils en pierre sont les restes les mieux conservés. Les ensembles techniques ainsi définis étaient toutefois subdivisés en groupes culturels régionaux : aujourd'hui encore, des cultures très différentes utilisent les mêmes outils, tels les automobiles ou les ordinateurs. Les Magdaléniens, qui vivaient il y a 17 000 à 11 000 ans, ont fabriqué de nombreux objets d'art, qui permettent de préciser les contours de territoires culturels. Des fouilles récentes, en France et en Espagne, révèlent une unité artistique sur le versant Nord des Pyrénées et la côte Cantabrique, au Nord de l'Espagne. L'univers symbolique des populations de cette région était différent de celui de leurs voisins.

Il y a 14 500 ans, le climat de l'Europe se réchauffe. Le glacier qui recouvrait les Pyrénées fond. De nombreuses vallées deviennent accessibles. Des groupes humains investissent ce territoire, qui présente plusieurs attraits. Les nombreuses grottes qui s'ouvrent sur les versants sont des habitats accueillants. Elles sont en outre souvent prolongées par de longs réseaux de galeries souterraines, que les hommes utilisent comme sanctuaires. Le milieu naturel, en moyenne montagne, est riche : les chasseurs collecteurs exploitent autant les ressources en gibier de la vallée (rennes, chevaux, bisons et aurochs) que celles de la montagne (bouquetins et oiseaux).

Ces Magdaléniens taillent le silex comme ceux qui vivent dans le Sud-Ouest de la France, dans le Bassin parisien, en Allemagne et dans le Nord de l'Europe centrale. Ils sont aussi des artistes confirmés, qui maîtrisent toutes les techniques, de gravure, de dessin, de sculpture et de peinture, sur divers matériaux : 80 pour cent des objets d'art préhistoriques qui nous sont parvenus datent du Magdalénien.

Des objets *a priori* utilitaires, telles les armes de chasse, sont décorés, même lorsque leur usage est éphémère : des pointes de sagaies en bois de renne, facilement cassées pendant la chasse, sont gravées de volutes caractéristiques. Le propulseur, l'arme de chasse par excellence des Magdaléniens, qui permettait de lancer les sagaies avec force et précision, est aussi utilisé par les artistes. De nombreux propulseurs ont été sculptés de motifs animaliers. On retrouve le même thème sur plusieurs objets : un faon de cervidé dont la tête est tournée vers l'arrière. En outre, deux propulseurs quasi identiques décorés d'un bouquetin ont été découverts à plus de 600 kilomètres de distance, en Ariège et dans les Asturies. Qui a voyagé : l'artiste, l'objet ou l'idée ?

Le faon à la tête retournée sculpté sur ce propulseur en bois de renne, découvert à Bèdeilhac, en Ariège, est un thème spécifique aux Pyrénées françaises. On le retrouve sur plusieurs objets analogues.



DES OBJETS DE CULTE

Certains propulseurs décorés n'ont jamais servi à lancer des sagaies : ces objets avaient plutôt un usage culturel ou magique. Celui découvert au Mas d'Azil, en Ariège, avait été déposé dans un endroit écarté de la grotte ; un autre découvert à Bèdeilhac, aussi en Ariège, était recouvert d'un badigeon d'ocre et les yeux du faon sont incrustés de pierres. Le crochet ne porte pas les traces qu'aurait laissées une utilisation normale pendant la chasse.

Des éléments de parure marquent une identité régionale. Le plus caractéristique est un contour de tête de cheval, découpé dans la partie triangulaire de

l'os hyoïde du cheval (l'os du larynx) : plusieurs dizaines d'objets semblables ont été retrouvés dans différents sites. La production de rondelles perforées, découpées dans des omoplates d'animaux, est aussi abondante.

D'autres objets, tels le bâton percé (ou bâton de commandement), un manche aménagé sur la perche principale d'un bois de renne, avec une perforation à la jonction de la perche et de l'andouiller, sont communs à tous les Magdaléniens. Les groupes pyrénéens ont toutefois inventé des décors sculptés spécifiques. Enfin, plus de 1 000 plaquettes de schiste, gravées de figures animales et humaines, et de signes non figuratifs, ont été découvertes, à Enlène, en Ariège, mais aussi récemment en Espagne, dans des habitats et dans des sanctuaires.

Il y a 13 000 ans, le climat se réchauffe encore : les vallées se reboisent, et le cerf remplace progressivement le renne. De nouveaux bâtons sont façonnés en bois de cerf : leur extrémité est, sans ambiguïté, en forme de phallus. Ils sont en outre gravés : des cerfs très détaillés côtoient des animaux stylisés et des signes non figuratifs.

Les sites où ces objets et ces thèmes apparaissent sont répartis sur près de 700 kilomètres de long, dans des environnements divers. Dans les Cantabres, contrairement aux Pyrénées, les habitats sont proches de la mer, à une altitude de 100 à 200 mètres ; les hommes y exploitent à la fois le littoral et la montagne, et ils chassent plutôt le cerf et le bouquetin que le renne. Malgré cette diversité, les populations partageaient des thèmes artis-

tiques et des choix esthétiques : ceux-ci ne dépendent pas directement de l'environnement ni des conditions de vie. Ils témoignent de relations entre les groupes humains et de l'existence d'une tradition culturelle, plus riche que ne le laisse supposer la simple observation des modes de subsistance.

L'art préhistorique des Pyrénées, exposition au Musée des antiquités nationales de Saint-Germain-en-Laye, du 2 avril au 8 juillet 1996.